

300627

29
2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA

Incorporada a la U. N. A. M.

**ELABORACION DE UN MEJORANTE A PARTIR DE AGENTES OXIDANTES
PARA ELEVAR LA CALIDAD DE HARINAS NO SEMOLERAS UTILIZADAS
EN LA INDUSTRIA PASTERA**

**TESIS CON
DALLA DE ORIGEN**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A
MARGARITA POBLETE SALAZAR

DIRECTOR DE TESIS : M. C. CARLOS AGUIRRE ACOSTA

MEXICO D. F.

1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

INDICE.

INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
CAPITULO I: TRIGO.....	4
1.1 Origen del trigo.....	4
1.2 Tipos de trigo.....	5
1.3 Estructura del trigo.....	5
1.4 Composición química del trigo.....	7
1.4.1 Carbohidratos.....	7
1.4.2 Proteínas.....	8
1.4.3 Lípidos.....	10
1.4.4 Constituyentes menores.....	10
1.5 Características físicas del trigo.....	11
1.6 Producción y comercialización del trigo en México.....	12
1.7 Calidad de trigo.....	15
1.7.1 Pruebas Físicas.....	16
CAPITULO II: HARINA.....	17
2.1 Definición.....	17
2.2 Obtención de la harina: Proceso de molienda.....	17
2.2.1 Proceso de molienda.....	18
2.2.2 Proceso de obtención de harina.....	18
2.3 Efectos de molienda.....	20
2.4 Valor nutritivo de la harina de trigo.....	21
2.4.1 Proteínas.....	22
2.4.1.1 Importancia de los grupos sulfidrilo y disulfuro.....	24
2.4.2 Carbohidratos.....	25
2.4.3 Lípidos.....	26
2.5 Calidad en harinas de trigo.....	27
2.5.1 Métodos para determinar la calidad en harinas de trigo...	27
CAPITULO III: MEJORANTES, AGENTES OXIDANTES O MADURADORES.....	30
3.1 Generalidades.....	30
3.2 Agentes maduradores.....	34
3.2.1 Naturaleza del proceso de maduración.....	34
3.2.2 Mecanismo de acción de los agentes oxidantes.....	36
3.3 Características de los diferentes oxidantes utilizados en la industria.....	39
3.3.1 Bromato de potasio.....	39
3.3.2 Ácido ascórbico.....	42
3.3.3 Azodicarbonamida.....	45
3.3.4 Yodato de potasio.....	46
3.3.5 Peroxidos.....	47
3.3.6 Ácido succínico.....	48
3.3.7 Fosfato disódico.....	48
CAPITULO IV: PASTAS.....	49
4.1 Definición.....	49
4.2 Antecedentes históricos.....	49

4.3	Materias primas empleadas en la fabricacion de pastas para sopa.....	51
4.3.1	Sémola.....	51
4.3.1.1	Produccion de semola.....	53
4.3.1.2	Composicion quimica de la semola.....	54
4.3.1.3	Diferencias entre el trigo panadero y el trigo duro.....	55
4.3.2	Agua.....	56
4.3.3	Ingredientes opcionales.....	57
4.4	Proceso de elaboracion de pastas.....	57
4.4.1	Dosificacion.....	58
4.4.2	Mezclado y amasado.....	59
4.4.3	Extrusion.....	60
4.4.4	Moldeo.....	61
4.4.5	Secado.....	61
4.5	Calidad en pastas.....	63
4.6	Clasificacion de las pastas.....	65
4.7	Aspecto nutritivo.....	66
4.7.1	Distribucion calorica.....	66
4.7.2	Carbohidratos.....	67
4.7.3	Proteinas.....	67
4.7.4	Lipidos.....	68
4.7.5	Vitaminas.....	68
4.7.6	Minerales.....	69
4.7.7	Perdidas por cocimiento y almacenamiento.....	71
4.8	Vida de anaquel.....	71
4.9	Calidades de las pastas.....	71
4.10	Pruebas de calidad en pastas alimenticias.....	72
4.10.1	Fisicas y sensoriales.....	72
4.10.2	Analisis quimico.....	72
4.10.3	Caracteristicas de coccion.....	73
4.10.4	Caracteristicas Microbiologicas.....	74
CAPITULO V: METODOLOGIA.....		75
CAPITULO VI: PRESENTACION DE RESULTADOS: ANALISIS Y DISCUSION....		80
CAPITULO VII: CONCLUSIONES.....		99
CAPITULO VIII: BIBLIOGRAFIA.....		100

INDICE DE TABLAS.

TABLA No. 1	Composicion quimica del grano de trigo.....	7
TABLA No. 2	Contenido de azucares libres en el grano de trigo.....	8
TABLA No. 3	Distribucion de las proteinas entre los diferentes tejidos del trigo.....	9
TABLA No. 4	Composicion por solubilidad de las proteinas del grano de trigo.....	9
TABLA No. 5	Composicion en aminoacidos de las proteinas del grano entero de trigo.....	10
TABLA No. 6	Valor nutritivo de las proteinas del grano entero de trigo.....	10
TABLA No. 7	Contenido aproximado de minerales en el grano entero de trigo.....	11
TABLA No. 8	Contenido aproximado de vitaminas en el grano entero de trigo.....	11
TABLA No. 9	Clasificacion de las variedades de trigo con base en la calidad del gluten.....	14
TABLA No. 10	Composicion quimica aproximada de los productos de la molienda del trigo.....	19
TABLA No. 11	Perdida de algunos nutrientes durante la molienda del grano de trigo.....	19
TABLA No. 12	Grupos funcionales en las de la harina de trigo.....	23
TABLA No. 13	Mecanismo de accion de agentes oxidantes.....	37
TABLA No. 14	Composicion quimica de semolinas consideradas de buena calidad para la elaboracion de pastas para sopa.....	54
TABLA No. 15	Composicion nutricional de la pasta.....	70
TABLA No. 16	Aminoacidos contenidos en las pastas.....	71
TABLA No. 17	Efecto de los distintos oxidantes.....	81
TABLA No. 18	Variaciones individuales de oxidantes en referencia al - testigo.....	82
TABLA No. 19	Resultados de las mezclas.....	83
TABLA No. 20	Porcentaje de variacion de las mezclas comparadas con el testigo.....	86

TABLA No. 21 Mezclas seleccionadas a diferentes concentraciones.....	86
TABLA No. 22 Porcentaje de variación de las mezclas respecto al tes- tigo a concentraciones entre 40 y 60%.....	94
TABLA No. 23 Costos de las mezclas seleccionadas.....	95
TABLA No. 24 Pruebas finales.....	96
TABLA No. 25 Resultados de cocimiento en producto elaborado (pastas).	98
TABLA No. 26 Resultados de pruebas seleccionadas.....	98

INTRODUCCION:

La industria molinera en Mexico produce diferentes tipos de harinas que son utilizadas, de acuerdo a sus características, por la industria de galletas, pastas, panificación, etc.; estos tipos de harinas tienen características propias que les diferencian del resto, como son: tenacidad, fuerza, color, granulometría,...

Estas características son evaluadas por métodos reológicos (reología es la ciencia que trata con las deformaciones de la materia. Deformaciones que tienen que ver con características como son: viscosidad, consistencia, elasticidad y plasticidad (60)). Para la evaluación de estos métodos utilizados fundamentalmente en la industria pastera se encuentran aparatos como: farinógrafo, mixógrafo, alveógrafo y extensógrafo.

Por ejemplo, en la industria pastera es necesario utilizar una harina tenaz, con muy poca elasticidad y con cierta fuerza. Esta harina no sería recomendable para la industria galletera ya que el producto final no cumpliría con las características habituales de una galleta.

En Mexico, los trigos se clasifican en 5 grupos. Los trigos del grupo I llamados generalmente trigos fuertes son ideales para pan de caja; los del grupo II llamados medio fuertes se usan generalmente para pan trances o pan dulce de fermentación, también adecuados para galletas saladas; los trigos del grupo III o trigos suaves son ideales para la industria galletera; los trigos del grupo IV son semejantes químicamente a los del grupo anterior, estos son utilizados en la fabricación de pasteles; los trigos del grupo V son los llamados trigos cristalinos y deben usarse principalmente para la fabricación de harina o semolina para pastas (20).

Las propiedades causantes de las diferencias en las harinas son específicas de su composición proteica y la relación de esta con los demás componentes propios de una harina de trigo, como son carbonohidratos y grasa.

Se entiende por pasta de harina de trigo y/o semolina para sopa al producto elaborado por la desecación de las figuras obtenidas del amasado de semolina y/o harina de trigo, agua potable, ingredientes opcionales y aditivos permitidos (9). La formulación de estas es, en términos generales, sencilla, normalmente consta de harina y agua. El proceso por medio del cual son obtenidas estas figuras puede variar un poco, de forma genérica consiste en mezclar ingredientes, aumentar humedad, preparar una masa adecuada, moldear las formas, secar y empacar (17).

La calidad de las pastas depende, en primer lugar, de la clase de harina o semola empleada, de la potabilidad del agua, que ha de ser lo más pura posible, y de la elaboración, desecación y conservación. Las pastas deben tener una coloración uniforme, ser semitranslúcidas, frágiles, con fractura semividriosa y sabor especial característico, de pasta cruda no fermentada. Su valor nutritivo es mucho mayor al del pan (67).

El aspecto nutricional de las pastas es muy variado, y de particular significancia al público en general. Así mismo, es recomendado por

numerosas instituciones medicas y cientificas. Es buena fuente de carbohidratos y moderada de proteinas. Contiene algunas vitaminas esenciales, minerales y es bajo en sodio y grasa (45).

Actualmente para la industria pastera mexicana se presenta el problema de que los molinos producen una cantidad de harina de trigo de grupo V (harina con características propias para la elaboración de pastas) que no cubre sus necesidades de demanda que requiere, debido a que el producir este tipo de harina implica pérdidas económicas en el molino debido al desgaste de la maquinaria por la molienda de trigos cristalinos.

Los mejorantes son una posibilidad de obtener mejores características de un tipo de harina para reemplazar a otro tipo.

Este trabajo tiene como objetivo el de elaborar un nuevo mejorante que confiera mejores características reológicas y de calidad pastera, a partir de una harina panadera, en comparación con las características que comúnmente da una harina no semolera.

Este mejorante tendrá una acción directa en el gluten provocando cambios estructurales y físicos que se demostrarán con el método alveográfico (reológico) y en las pruebas de calidad que se le harán a la pasta previamente elaborada en el laboratorio (físicos), haciendo una comparación entre las harinas con y sin mejorante y las pastas elaboradas con y sin mejorante.

El mejorante estará elaborado a base de una mezcla de agentes oxidantes que tendrán un efecto sinérgico más beneficioso que su utilización aislada.

OBJETIVOS:

- a) Elaborar un mejorante a partir de agentes oxidantes para harinas de trigo no semoleras utilizadas en pastas alimenticias, elevando la calidad reológica y física de las mismas en comparación con las pastas elaboradas con este tipo de harina sin mejorante.
- b) Observar el mejoramiento tanto de la harina, por medio de un método reológico, como la del producto terminado (pasta) por los métodos convencionales que determinan su calidad.
- c) Buscar la formulación más accesible en cuanto a costo/beneficio, tanto para el fabricante como para el consumidor.

CAPITULO I : TRIGO.

Las plantas constituyen el 93% de la dieta mundial. Los cereales constituyen dos terceras partes de los alimentos primarios y entre ellos, el trigo es el cultivo más importante (1). En cuanto a producción, los cereales más importantes son el trigo, el arroz, y el maíz, que suman del 75 al 80% del total (Figura 1.1) (2).

1.1 Origen del trigo

El trigo es una planta gramínea del grupo de los cereales, debe su nombre al latín *Triticum* y es llamada científicamente *Triticum vulgare* (3). Como todos los cultivos, el trigo se deriva de ancestros silvestres mediante un proceso de domesticación realizado por el hombre, que probablemente se inició en el período neolítico. El primer trigo que se cultivo parece haber sido *Triticum monococcum* (carraón), que se cree que fue desarrollado a partir de pastos salvajes de tierras áridas en Asia Menor. Esta especie tiene siete pares de cromosomas (14 en total) y se considera diploide. Se han observado en zonas de Asia occidental poblaciones puras de carraón que crecen en estrecha asociación con otros miembros de la misma subtribu, específicamente, *Aegilops speltoides*. Los estudios citológicos demuestran que la segunda forma primaria de trigo cultivado, *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* (escanda), probablemente se originó mediante una cruce intergenérica entre esas dos especies. Como sus dos juegos de cromosomas (con siete pares cada uno) son diferentes, esta cruce tuvo que doblar el número de cromosomas para ser fértil. Esto explica el hecho que es tetraploide, posee 14 pares, o sea 28 pares de cromosomas. Se cree que una cruce intergenérica posterior entre la escanda cultivada y *Aegilops squarrosa* silvestre (mediante el mismo proceso de duplicación de los cromosomas) dio lugar a la evolución de los trigos hexaploides o harineros (con seis veces el conjunto básico de cromosomas, o sea 42 cromosomas, formados 21 pares) (1).

Las regiones en donde se originaron los trigos no se conocen con certeza. Se cree que se originaron en el Sudeste de Asia y Noroeste de África; desde la meseta de Anatolia hasta los contrafuertes del Himalaya, en cuanto se refiere a los trigos suaves. Los trigos duros, según opiniones autorizadas provienen de las regiones de la cuenca del Mar Mediterráneo o de las llanuras de Etiopía. Es decir, que su origen se encontraría probablemente en Egipto, en Palestina y en Hysa, en las orillas del Jordán donde crecía diseminado, hasta que se comenzó a cultivar en los Bakires de Persia, en China, Babilonia, Sicilia y en la India, pero parece ser que Egipto fue el primero que lo cultivo.

1.2 Tipos de trigo.

Las especies de trigo más comunes son:

Triticum hebernum, el más común.

Triticum aestivum, el más barato.

Triticum largidum, el grano grueso y redondo,
suave o medio fuerte.

Triticum polonicum, de grano alargado semitransparente.

Triticum amilicum, grano suave rico en almidón.

Las diferentes variedades son generalmente clasificadas en categorías que toman en cuenta su constitución, dureza, características propias, etc.; de acuerdo con esto se pueden clasificar desde el punto de vista botánico y no botánico en:

Clasificación del trigo desde un punto de vista BOTANICO.

Familia	Gramineas
Genero	<u>Triticum</u>
Especie	Segun el numero de cromosomas :
Diploide (14)	<u>T. monococcum.</u>
Tetraploide (28)	<u>T. dicoccum.</u>
	<u>T. durum.</u>
	<u>T. polanicum.</u>
Hexaploide (42)	<u>T. vulgaticum.</u>
	<u>T. compactum.</u>

Clasificación de trigos en base a características NO BOTANICAS.

Característica	Clasificación.
Endospermo	Vitreo. Almidonoso
Dureza del grano	Fuerte Medio fuerte Suave Tenaz
Epoca de crecimiento	Cristalino Invierno Primavera
Color del salvado	Blanco Ambar Rojo oscuro

1.3 Estructura del trigo

El grano de trigo es, botánicamente, un fruto en cariopside que contiene sólo una semilla (o grano). La cubierta exterior de esta semilla está constituida, fundamentalmente, por el pericarpio, y el tegmen o testa (Figura 1.2). El pericarpio comprende, a su vez, diversos tejidos, más o menos diferenciados, formados, en el grano maduro, por células vacías. En el tegmen o testa del grano maduro sólo se diferencia fácilmente una capa celular. El pericarpio es rico en celulosa y el tegmen está constituido,

figura (1.1)

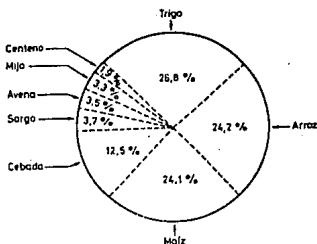


FIG. 9. Distribución de la cosecha mundial de cereales en 1977. (Según F.A.O., 1977.)

figura (1.2)

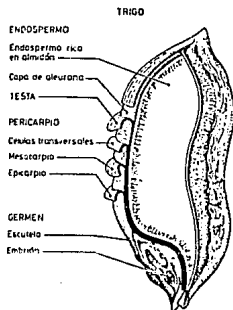


figura (1.3)

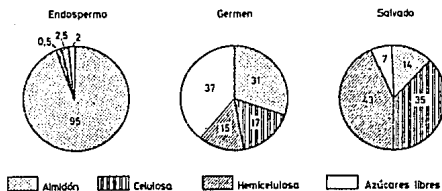


FIG. 11. Distribución de los hidratos de carbono en las distintas fracciones del grano de trigo. Contenido total en hidratos de carbono (por 100, h.s.): endospermo, 85,0; germen, 50,5; salvado, 70,0. (Según FRASER y HOLMES, 1959.)

básicamente, por una capa continua de sustancia grasa, en la cual se encuentran los pigmentos que dan su color característico.

Subyacente al tegmen se encuentra la capa de aleurona, que consta de uno o varios estratos de células de parénquima. Estas células contienen abundantes globulos de grasa y de proteína.

El endospermo está constituido por células de parénquima, de paredes delgadas, dispuestas en sentido radial, repletas de granulos de almidón. Las células de las capas más externas del endospermo son ricas en granulos proteicos.

Los tejidos del germen son ricos en proteínas y lípidos, no conteniendo almidón.

En la elaboración industrial, las capas externas, junto con el germen, la aleurona y algo de endospermo, se separan del resto del grano, constituyendo el subproducto denominado salvado.

1.4 Composición Química

La composición química del cereal varía entre límites muy amplios dependientes no solo de la variedad, sino también de las condiciones de cultivo -climatología, abonado, época de cosecha, etc.- y de la historia de la partida, unavez cosechada, hasta que llega al consumidor. Los procesos a que se someten también modifica su composición, la cual podemos ver en la tabla No.1

TABLA No. 1

Composición Química del grano entero de trigo.

Proteína.....	13.4%
Grasa.....	2.4%
Carbohidratos totales.....	62.3%
Carbohidratos fibra.....	2.4%
Cenizas.....	1.9%
Factor de conversión.....	5.83
de N proteínas	

Estos porcentajes están dados sobre materia seca, de grano completo.

1.4.1 Hidratos de Carbono

Representan el 65-90 % del peso seco de los granos. El componente principal de esta fracción es el almidón. Otros componentes importantes de la fracción hidratos de carbono son las hemicelulosas, la celulosa y los azúcares libres.

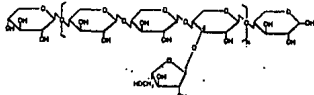
En el grano, los hidratos de carbono se localizan, fundamentalmente, en el endospermo, pero la distribución de los diversos constituyentes es muy distinta según la fracción o parte del cereal que se considere (figura 1.3)

a) Hemicelulosas: Se conoce con este nombre a los polisacáridos, distintos del almidón. En término ambiguo, se denominan pentosas, este término se aplica generalmente a las hemicelulosas solubles en agua.

Las hemicelulosas constituyen un componente fundamental de las paredes celulares. Por hidrólisis, estos hidratos de carbono dan lugar a pentosas, hexosas y ácidos trónicos principalmente.

Los azúcares más abundantes en las hemicelulasas de los granos enteros son la D-xilosa y la L-arabinosa. También se han identificado, en menor proporción, hexosas y sus derivados, principalmente D-galactosa, D-glucosa, ácido D-glucurónico y ácido 4-O-metil-D-glucurónico.

Estructura típica de la hemicelulosa soluble en agua del endospermo del grano de trigo. (Según GOLDSCHMID y FERLIN, 1963.)



b) Azúcares libres: su contenido es alrededor de 1-3 %, en peso, son más abundantes en el germen y en las capas de salvado que en el endospermo. El azúcar más abundante es la sacarosa, seguida por el trisacárido rafinosa, (ver tabla No. 2). Además de esta, la neoquiestosa es un constituyente importante del salvado de trigo (alrededor del 20% de los azúcares e los azúcares totales). El tetrasacárido estaquiosa se encuentra en proporción apreciable en el salvado de trigo.

TABLA No. 2

Contenido de azúcares en el grano de trigo.

	Salvado	Harina	Germen
Contenido de azúcares libres en trigo. (a)	4-6	1,5-2	15-30
Contenido de sacarosa en trigo. (b)	35,3	15-20	55,9
Contenido de rafinosa en trigo. (b)	22,7	10-15	38,1

(a). Porcentajes en base seca. Azúcares expresados como glucosa. (Tomados de D'APPOLONIA y col. (1971).)

(b). 1 g sacarosa o rafinosa/100 g de azúcares totales. (Según BOND y GLASS (1963), LINKO y Col. (1960), SAUNDERS y WALKER (1960), TAUFEL y col. (1959) y WATSON e HIRATA (1960).

c) Otros Constituyentes: como constituyente de las paredes celulares se encuentra la celulosa, que abunda, en el pericarpio y en el germen.

La celulosa es el constituyente principal de la fibra; bajo esta denominación se incluye el conjunto de hidratos de carbono no digeribles (no hidrolizables) por ácido clorhídrico e hidróxido sódico en caliente.

1.4.2 Proteínas

Representan alrededor del 10 %, en peso, del grano entero de trigo. La distribución de las proteínas entre los diversos tejidos que constituyen el grano, y aun en el interior de los mismos, no es uniforme (ver tablas 3,

4,5 y 6).

Las concentraciones mayores se encuentran en las capas más externas del endospermo (capas subaleuronicas), en la propia aleurona y en el germen. El interior del endospermo suele contener menor proporción de proteínas que la media del grano, y en el pericarpio son muy escasas, lo cual podemos ver en la tabla No. 3.

En general, el 60-80 % de las proteínas totales de los granos de los cereales son prolaminas y glutelinas (ver tabla No. 4).

TABLA No. 3

Distribucion de las proteínas entre los diferentes tejidos del trigo.

Pericarpio.....	4.4
Aleurona.....	17.7
Endospermo Exterior.....	13.7
Endospermo Medio.....	8.8
Endospermo interior.....	6.2
Germen.....	33.3
Escutelo.....	26.7

Granos de proteína en 100 g (sustancia seca) de la parte del grano considerada. (Segun KENT, 1970; WALL y BLESSIN, 1969; WALL y RUSS, 1970.)

TABLA No. 4

Composicion por solubilidad de las proteínas del grano de trigo.

Albuminas.....	3-5
Fraccion Proteica (a)	
-Globulinas.....	10.0
-Prolaminas.....	69.0
-Glutelinas.....	16.0
Contenido de proteínas....	9-14

Segun DORY (1965), FREEMAN y BOCAN (1973), JOHNSON y LAY (1974), LORENZ (1974) y WHITEHOUSE (1973).

(a) g/100 g proteínas totales.

Una fracción importante de las albuminas y las globulinas son enzimas (principalmente amilasas, lipasas y proteasas). La mayor parte de las actividades enzimáticas del grano se encuentran localizadas en el germen, en las membranas de las células del endospermo y en la aleurona. El papel fisiológico del resto de las albuminas no se conoce con precisión. Las prolaminas y las glutelinas son proteínas de reserva, que se sintetizan en las últimas etapas de la maduración de la semilla, y que se depositan, en forma de granulos o globulos, en el citoplasma de las células del endospermo; estas proteínas se movilizan durante la germinación, sirviendo de reserva de nitrógeno al germen.

TABLA No. 5

Composicion en aminoacidos de las proteinas del grano entero de trigo.

Acido Aspartico.....	3,7	Lisina.....	3,7
Acido glutamico.....	20,0	Metionina.....	1,3
Alanina.....	4,2	Prolina.....	9,0
Arginina.....	10,6	Serina.....	5,3
Cistina.....	1,5	Tirosina.....	1,7
Fenilalanina.....	2,6	Treonina.....	2,4
Histidina.....	4,1	Glicina.....	6,1
Isoleucina.....	2,9	Triptofano.....	1,1
Leucina.....	5,1	Valina.....	4,2

g/100 g de proteina. Datos tomados de SHUKLA (1975).

TABLA No. 6

Valor nutritivo de las proteinas del grano entero de trigo.

VB.....	67
PER.....	1,50
UNP.....	53-61
Aminoacidos limitantes	
Primario.....	Lisina
Secundario.....	Isoleucina

Según SHUKLA (1975).

(a) VB : valor biologico; (b) PER : indice de eficacia proteica; (c) UNP : utilizacion neta de la proteina.

1.4.3 Lipidos.

Representan del 1-3 % del peso del grano. Se encuentran concentrados en el tegmen o testa y en los tejidos del germen.

Los lipidos son, principalmente, trigliceridos y, en segundo lugar, fosfolipidos. Tambien se encuentran mono y di gliceridos y ácidos grasos libres.

Los lipidos se encuentran localizados en todos los tejidos del grano, principalmente como componentes de las membranas celulares. Por otra parte, los granulos proteicos del endospermo y del escutelo del germen se encuentran rodeados por una fina membrana rica en lipidos y contienen, asimismo, incrustaciones de caracter lipidico. En la capa de aleurona, los lipidos se encuentran almacenados en esferosomas, de menos de 5 micras de diametro, aparentemente asociados con proteinas. Tambien se encuentran esferosomas en el escutelo y coleoptilo del germen. Las membranas de los granulos de almidon del endospermo son tambien ricas en lipidos. La mayor parte de los almidones contienen un 0,5 % de lipidos asociados.

1.4.4 Constituyentes menores (minerales y vitaminas):

Representan el 1-3 % del peso del grano. Estos constituyentes se

localizan, en su mayor parte, en el pericardio del grano, ver tabla NO.7 y 8.

Los mas abundantes son el fosforo y el potasio y en menor proporcion se encuentran el silicio, el sodio y el calcio. Entre los micronutrientes, el mas abundante es el hierro, seguido de manganeso, el cobre y el zinc. Tambien contienen, en cantidades menores, otros elementos metalicos, como niquel, cobalto, selenio, cromo, vanadio, estaño, cadmio, plomo y mercurio.

Una parte importante del fosforo presente se encuentra combinado con el mio-inositol, formando el acido fitico o hexafosfato del mio-inositol, cuyas sales de calcio y magnesio constituyen la fitina. Entre el 15 y el 45 % del fosforo de la harina de trigo es fitinico; los porcentajes para el salvado de trigo son del 82 al 97 %. El fosforo de los fitatos de Ca y Mg, insolubles, es mal asimilado por el organismo humano. y, adicionalmente, el acido fitico se combina con numerosos iones, disminuyendo drasticamente la asimilacion de los mismos. Tambien la fitina disminuye la asimilacion de calcio, magnesio, hierro, cobre y otros iones. Las fitinas presentes en los granos pueden hidrolizar, en condiciones adecuadas, la fitina liberando el fosfato.

TABLA No. 7

Contenido aproximado de minerales en el grano entero de trigo.

Calcio (%).....	0,04	Manganeso (mg/Kg).....	38,0
Cobre (mg/Kg).....	5,1	Potasio (%).....	0,41
Fosforo (%).....	0,34	Silicio (%).....	---
Hierro (mg/Kg).....	44,0	Sodio (%).....	0,03
Magnesio (%).....	0,18	Zinc (mg/Kg).....	24,0

Segun CANNON y col. (1952), HOUSTON y KOHLER (1970), MATZ (1969).

TABLA No. 8

Contenido aproximado de vitaminas en el grano entero de trigo

Acido Folico.....	0,56	Piridoxina.....	4,7
Acido p-amino benzoico..	5,1	Rivoflavina.....	3,1
Acido pantotenico.....	9,1	Tiamina.....	7,9
Biotina.....	0,06	Vitamina A (carotenos)....	---
Colina.....	300	Vitamina B(12).....	---
Inositol.....	---	Vitamina E (tocoferoles)..	4,3
Niacina (acido nicotinic)	48,3		

Segun HOUSTON Y KOHLER (1970), HUBBARD y col (1950), MILLER (1958) mg/Kg, sustancia seca (2).

1.5 Características Físicas del trigo.

Las características del trigo se pueden dividir en agronomicas, químicas y físicas. Para el granjero, las características agronomicas son las mas importantes. A el, le interesa la manera como crece la planta de trigo, cual es su rendimiento, como resiste las enfermedades, si se adapta a las condiciones de humedad y de tipo de suelo que existe en su granja.

Por otra parte, al industrial le interesan las propiedades químicas del trigo o, mejor dicho, de la harina que se hace del mismo. Le interesan las características de horneado de dicha harina y comprará una diferente según lo que quiere elaborar: pastas alimenticias, pasteles, pan, galletas, u otros productos.

El molinero está en un punto intermedio entre el granjero y el industrial. Para él, lo más importante son las características físicas del trigo.

Las diferentes clases y variedades de trigo varían considerablemente tanto en su composición química como física, pero las características generales de todas las variedades de trigo son las mismas.

Las características más importantes del trigo desde el punto de vista molinería son:

a) La fuerza. Los trigos fuertes son altamente apreciados puesto que no solamente producen las mejores harinas para pan, sino que también se pueden mezclar con trigos blandos para obtener, a pesar de todo, buenas harinas de usos generales.

b) La dureza. En términos generales, un trigo duro es también un trigo fuerte, aunque haya algunas excepciones. Por otro lado, hay algunos pocos trigos muy duros que no sirven para hacer harina para pan. En nuestro país, estos extra duros son los trigos durum. El trigo durum se transforma en semolina que se usa para hacer spaquetis, macarrones y otras pastas (5). (La ausencia del genomio D en los trigos tetraploides hace que sus proteínas del gluten no tengan las propiedades funcionales aptas para la industria de panificación (6)).

c) y d) El sabor y el color. El color depende o del afrecho o del endospermo. Por ejemplo, un afrecho oscuro va a oscurecer la harina mucho más que un afrecho claro. Este hecho es mucho más importante en las harinas de baja calidad que en las de primera que, prácticamente, no contienen afrecho.

e) La capacidad de producción de harina. Se puede decir que es la más importante de todas. La capacidad de una muestra de trigo para producir una cantidad importante de harina depende de cierto número de factores. Primero, hay que tomar en cuenta la presencia de materias extrañas en el trigo, ya que habrá menos producción de harina.

Otros factores importantes son el tamaño relativo del afrecho, del germen y del endospermo, la forma del grano, y el tamaño del grano.

1.6 Producción y comercialización de trigo en México.

La producción de Norteamérica ha sufrido desde 1986 a la fecha 1988 bajas considerables donde México forma parte.

En 1986 México dejó de importar trigo, pero nuevamente, a partir de 1987, ha continuado las importaciones en virtud de los decrementos en producción de este cereal. Las importaciones vienen principalmente de Estados Unidos aunque también se han recibido trigos canadienses y

australianos (9).

La producción de trigo en México, en los últimos años, oscila en los 4 millones de toneladas anuales que se distribuyen en diferentes sectores de consumo. En referencia al mercado mundial, la producción nacional representa únicamente un 0.75% del total del trigo producido.

México ha producido en promedio 4.280 millones de toneladas de 1986 a 1989 y para 1990 la cosecha presentó una baja, la producción fue de 4.1 millones de toneladas (63).

Nuestro país tiene como lo sabemos dos zonas principales de producción de trigo: el noroeste, que se compone por los estados de Baja California, Sinaloa y Sonora; y la zona del Bajío donde los Estados productores son Querétaro, Guanajuato, Jalisco y Michoacán. El Noroeste contribuye con el 66% de la producción nacional, y el Bajío cosecha el 24%. Por entidades federativas, los mayores productores son Sonora con el 33%, Sinaloa con el 25% y Guanajuato con el 15% (63,9)

En general en México, los rendimientos promedio en toneladas por hectáreas son bajos.

Dos especies de trigo se cultivan principalmente en México: Trigos hexaploides (trigos harineros) y trigos tetraploides (trigos cristalinos para la producción de semolina). Existen diferencias agronómicas, genéticas y tecnológicas entre las dos especies (9).

En México, los trigos se clasifican en 5 grupos. Los del grupo I y II son trigos tipo panadero y se producen principalmente en el noroeste del país. El grupo III está constituido por los trigos suaves que se producen en el resto de la República incluyendo el Bajío. El grupo IV se denomina semicristalino y el trigo cristalino se clasifica bajo el grupo V. Estos dos últimos grupos se producen en el noroeste del país. El precio de garantía del trigo grupo V fue de 10% menor en 1988 que los grupos I, II y III, esto con el fin de hacerlos más atractivos para los molinos sobre todo a los productores de harina para pastas. Aproximadamente un 10% de la producción nacional es trigo cristalino y la mayor parte de los molinos no están en condiciones de molerlos (7).

Los trigos del grupo I llamados generalmente fuertes o duros, son generalmente los más altos en proteínas, altos en peso específico, buena fuerza general, elasticidad normal del gluten, excelente volumen del pan y buen rendimiento de harina. Los trigos de este grupo son ideales para pan de caja, (Ver tabla No. 9).

Los trigos del segundo grupo llamados medio fuertes son generalmente más bajos en proteínas, más bajos en fuerza general y rinden un pan de menor volumen que los trigos del grupo I. Este grupo de trigos se usa generalmente para pan francés o pan dulce de fermentación, también son adecuados para galletas saladas.

Los trigos del grupo III o trigos suaves son 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.

Los trigos del grupo IV son semejantes químicamente a los del grupo anterior, pero la masa hecha con los trigos de esta serie es notablemente más tenaz que la masa hecha con los trigos del grupo III. Estos trigos son útiles en la fabricación de pasteles.

CLASIFICACION DE LAS VARIETADES DE TRIGO CON BASE EN LA CALIDAD DEL GLUTEN
SEGUN REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA DE LA PANIFICACION.






Grupo 1 FUERTES	F	Grupo 2 MEDIO FUERTES	M	Grupo 3 SUAVES	S	Grupo 4 TENACES	T	Grupo 5 CRISTALINOS	C
FORMA DEL ALVEOGRAMA:		FORMA DEL ALVEOGRAMA:		FORMA DEL ALVEOGRAMA:		FORMA DEL ALVEOGRAMA:		FORMA DEL ALVEOGRAMA:	
SONORA SONORA MAYO INIA TOBARI NOROESTE JARAL CIANO AZTECA	F 63 F 64 F 64 F 66 F 66 F 66 F 66 F 67 F 67	NADADORES NORTEÑO BAJO	M 63 M 67 M 67	NAINARI L. ROJO	S 60 S 64	PENJAMO SIETE CERROS	T 62 T 66	OVIACHIC JORI	C 69 C 69
Gluten fuerte, elástico. Para la industria meca- nizada de la panifica- ción, mejorador de trigos suaves.		Gluten medio fuerte, elástico. Para la indus- tria del pan hecho a mano, Mejorador de trigos suaves.		Gluten suave, extensi- ble. Para la industria galletera, tortillas, be- rreles, etc.		Gluten corto, tenaz, para la industria paste- lera, donas y galletas.		Gluten tenaz, corto, para la industria de las pastas y macarrones.	

TABLA 9

Los trigos del grupo V son los llamados trigos cristalinos y deben usarse principalmente para la fabricación de harinas o semolina para pastas (10).

En la actualidad existen 136 molinos registrados en CONASUFO (cifras oficiales de 1988), pero solamente se cuentan con información sobre 127 de ellos. Los molinos registrados poseen una capacidad instalada de 19,400 toneladas/24 horas, pero la capacidad utilizada es de aproximadamente del 82%, es decir, 15,800 toneladas.

La capacidad de los molinos varía: existen 55 molinos que muelen menos de 100 toneladas diarias; 57 que muelen entre 100 y 300 toneladas; y solamente 15 molinos tienen una capacidad de molienda mayor a 300 toneladas por día. Estas cifras están cambiando en la actualidad, en virtud que diferentes molinos están realizando ampliaciones para aumentar su capacidad de molienda.

Podemos observar en función de las diferentes cifras, la necesidad de nuestro país de importar trigo. Las causas principales son, en primer término, que la oferta o producción nacional es muy cercana a la demanda o consumo de la industria molinera y, en segundo término, se conoce que aunque no existen cifras exactas, que aproximadamente un 10% de la producción nacional es trigo cristalino y la mayor parte de los molinos no están en condiciones de molerlos, asimismo existen mermas del 3.2% y otros usos para el trigo: consumo animal 7.6% y semilla 3.3% (63).

1.7 Calidad en trigo.

"Calidad", en términos generales, significa "aptitud para un determinado propósito": aplicada al trigo será:

- Rendimiento en producto final (trigo, para el labrador; harina, para el molinero; pastas, para el pastero; pan o productos de repostería, para el panadero, etc.

-Facilidad del proceso.

-Naturaleza del producto final: uniformidad, agrado al paladar, aspecto, composición química, etc.

Estos criterios dependen en gran parte de las circunstancias ambientales -clima, suelo y fertilización- (11).

La definición de calidad de trigos usualmente varía de una clase de trigo a otra y es dependiendo de la utilización o del uso dado para un determinado producto (12).

El concepto de calidad en trigo difiere según el área en cuestión: para el agricultor es importante el potencial de rendimiento y la resistencia a plagas y enfermedades que posea una variedad, y el control de calidad se realiza directamente en el campo. Sin embargo para el molinero es importante que los trigos sometidos a molturación rindan altos porcentajes de harina, también el industrial requiere harinas con determinadas características que le permitan lograr productos de calidad, es pues imprescindible que se evalúen los materiales genéticos en proceso de mejoramiento, de manera que al llegar a la etapa final en que sean liberadas como variedades comerciales, reúnan las condiciones necesarias para ser aceptadas por el agricultor e industrial.

Las pruebas de calidad realizadas específicamente al grano de trigo

entero son pruebas físicas y de molienda en donde se realizan pruebas como son:

1.7.1 Pruebas Físicas.

a) Analisis físico del grano. Aquí los granos se clasifican de acuerdo a su tamaño (7, 8 y 9 mm), forma (redonda (R) y larga (L) y arista (6, 7 y 8 mm). La arista representa la "cicatriz que se extiende a lo largo del grano, y está estrechamente relacionada con la rugosidad o tersura del grano, una arista de 6 mm corresponde a un grano chupado que dará bajos rendimientos harineros, una arista de 8 mm se tiene en granos tersos, que rinden altos porcentajes de harina.

La experiencia ha demostrado que trigos de tamaño medio (8 mm), de forma redonda y con una arista de 8 mm generalmente tienen altos rendimientos harineros.

Esta clasificación, junto con el dato de peso de 1000 granos ayudan a predecir el comportamiento molinero de los materiales evaluados.

b) Feso hectolitro. Para su medición se utiliza una balanza especial diseñada para este fin. Se relaciona con la densidad del grano, y está correlacionada positivamente con rendimientos harineros.

En trigo se considera como valor mínimo el de 69Kg/Hl.

c) Dureza. Este concepto definido como la resistencia del grano a la ruptura, es una característica intrínseca y particular de cada trigo. Se determina por medio de una perladora, cuyo principio básico es la resistencia del material a una acción abrasiva, se mide la cantidad de material desprendido en un tiempo determinado.

Lineas con una dureza superior al 60% se consideran indeseables por las dificultades para su molienda(27).

La cantidad de trigo producido es de gran importancia, pero de igual o mayor importancia es la cantidad y calidad de las proteínas que contiene. El trigo puede crecer en muchas tierras del mundo, pero solo relativamente pocas zonas son las que producen una buena calidad, trigos duros y fuertes. La mejor calidad en trigos es producida por Canadá, Estados Unidos, una zona limitada de la Union Soviética, en el norte de África y Argentina (4).

d) Pruebas de molienda. Para que un grano sea sometido a molturación, requiere de un acondicionamiento previo que consiste básicamente en ajustar a una humedad determinada de acuerdo a la dureza que presente, y en dar un tiempo de reposo adecuado. Con el acondicionamiento se busca uniformizar la humedad en el grano y que el salvado se vuelva más flexible y con ello durante la molienda no se fragmente y contamine la harina.

Los trigos con mayor grado de dureza requieren ser ajustados a una humedad mayor que aquellos menos duros o suaves (27).

CAPITULO II : HARINA

2.1 Definición.

Harina se define, según la norma oficial mexicana como: producto que se obtiene por molienda y tamizado de granos de trigo (*Triticum vulgare* y *Triticum Durum* Lin), sanos limpios, enteros o quebrados, sin cascara, con un 73% de extracción mínimo aproximado, adicionado o/no de los aditivos permitidos (14).

El trigo es el principal cereal utilizado para preparar harina. aunque una pequeña cantidad de harina se elabora a partir del centeno.

Las harinas de trigo difieren del cereal de trigo no cocido, principalmente por el grado en que el grano se ha fraccionado o molido. La molienda fractura muchas células del endospermo, poniendo a descubierto sus contenidos (15).

La harina de trigo cuenta con la red industrial y comercial más perfecta, ya se consideran las empresas dedicadas a la técnica de su proceso (molienda), y a las especializadas en su manejo y transporte (red de silos portuarios y de distribuidores).

Los establecimientos dedicados a la molienda de trigo se caracterizan por su elevada tecnología, la gran capacidad de producción y el valor de sus inversiones. Por lo general están agrupados en empresas de gran poder económico.

El manejo del trigo, recepción en los puertos, almacenamiento y transporte se caracterizan por su gran volumen y alto índice de mecanización (transporte a granel y almacenamiento en silos).

Se observa que la red comercial e industrial de la harina de trigo es extensa, poderosa, importante; no solo desde el punto de vista alimentario, sino también como factor socioeconómico, pues permite la expansión de la industria referente a los equipos utilizados en la fabricación y comercialización de la harina de trigo (16).

2.2 Obtención de la harina: proceso de molienda.

Los objetivos que se persiguen para la obtención de harina blanca son:

1. Separar lo más completamente posible, el endospermo del salvado y el germen, de forma que la harina quede libre de escamas de salvado y de buen color, con lo que mejoran la palatabilidad y digestibilidad del producto, así como su tiempo de almacenamiento.

2. Reducir a harina fina la máxima cantidad posible de endospermo, obteniendo con ello la mayor proporción de harina blanca de trigo y al mismo tiempo, asegurar que el deterioro causado a los granulos de almidón no exceda del óptimo.

La harina es pues el endospermo triturado finamente; el germen, el salvado y el resto del endospermo forman un producto secundario usado primeramente en la alimentación animal (17).

La harina de trigo se produce por medio de una complicada operación de

molienda y tamizado que separa el salvado de los demás componentes del grano, operación que puede ajustarse para que de una harina que contenga cualquier cantidad deseada de los componentes principales.

El proceso de molienda involucra una serie de manipulaciones físicas, que esencialmente son, lavado, triturado del grano y separación del salvado y del germen del endospermo de la semilla (18).

2.2.1 Proceso de molienda:

a) Limpieza del trigo: El trigo al llegar a la fábrica contendrá impurezas que ha podido adquirir en el campo, durante el almacenamiento y transporte o accidentalmente. Las impurezas que se encuentran con mayor frecuencia son: lodo y polvo, semillas de malas hierbas, otros granos de cereales, pajas y palos, piedras o fragmentos metálicos, insectos excrementos y larvas, etc.

Antes de moler el trigo hay que eliminar las impurezas que lleva. Las impurezas que se adhieren al grano, se pueden eliminar por lavado, o por corriente de aire seco que arrastra las impurezas y las hechas fuera. O bien si son partículas más grandes como piedras, fragmentos metálicos, etc., se pueden eliminar por peso específico, propiedades magnéticas y electrostáticas, color, rugosidad de la superficie, etc.

b) Acondicionamiento del trigo. En este paso el objetivo más importante consiste en mejorar el estado físico del grano para la molienda, y algunas veces en incrementar la calidad de la harina.

Con respecto a la molienda, los objetivos particulares son hacer más correoso y menos quebradizo el salvado, mejorar la disgregación del endospermo para que la harina sea más fácil de cernir.

El acondicionamiento se realiza añadiendo agua fría o caliente, o vapor a presión con o sin corrientes de aire. Existe un grado óptimo de humedad del trigo que es el que da los mejores resultados es suficientemente elevado para ablandar el endospermo y hacer flexible el salvado, pero no tanto que dificulte la limpieza del mismo o el cernido de la harina. Este contenido óptimo varía con los distintos tipos de trigo, siendo mayor para los duros que para los blandos (17, 19).

c) Molienda. Proceso de la obtención de la harina: para separar el endospermo del salvado y del germen y reducirlo a harina, se ha adoptado una forma particular de trituración gradual que se puede considerar una combinación de raspado y machacado, llevados a cabo por molinos de cilindros. El grano se rompe en las primeras etapas, seleccionándose en ellas distintas partes que a su vez se irán triturando en las etapas posteriores (17, 2).

El proceso de molienda consta generalmente de cinco trituraciones y algo de más del doble de compresiones (10).

2.2.2 Procesos de obtención de la harina.

Los procesos básicos en la obtención de harina son tres:

a) Trituración: fragmentación del grano (disociación de cada una de sus partes anatómicas). Esta consta de 2 pasos:

1. Ruptura: Esta se logra por medio de rodillos estriados. Aquí se va a obtener una harina gruesa y en menor cantidad que la que salga del 2o paso.
2. Reducción: Se utilizan rodillos lisos los cuales pulverizan más la

harina que los rodillos estriados, aquí se produce harina más fina.

En las trituraciones se va despojando paso a paso el endospermo del pericarpio o salvado.

- b) Tamización: Separación de las partículas según su tamaño (fracciones del grano). Un tamizado por grados permitirá clasificar en harina, semola, productos intermedios, etc.
- c) Purificación: Separación de las partículas procedentes de las cubiertas corticales del endospermo, por medio de corrientes de aire (17).

Los productos de la molienda de trigo varían, en los diferentes países y aun dentro de cada país, según las características de la instalación y las exigencias del mercado (La composición química aproximada de estos productos de la molienda la podemos ver en la tabla No. 10).

El número de kilogramos de harina obtenidos de 100 kg de trigo limpio se denomina "grado de extracción". El grano de trigo contiene, aproximadamente, el 84 % de endospermo capaz de producir harina blanca, pero nunca es posible separarlo por completo del salvado, la aleurona y el germen para obtener harina pura del 84 % de extracción. Las limitaciones mecánicas del proceso de molienda hacen que, en la práctica, sea imposible obtener extracciones superiores al 75 % sin oscurecer la harina por la inclusión de salvado, aleurona y germen (2), a sí mismo podemos observar en la tabla No. 11, las pérdidas de nutrientes durante la molienda.

TABLA No. 10

Composición química aproximada de los productos de la molienda del trigo.

Componentes	Harina	Salvado	Germen
Proteínas (a).....	10	15	28
Lípidos (a).....	1	5	12
Cenizas (a).....	0,5	6	5
Hidratos de carbono (a)....	78,5	64	45
Celulosa (a).....	Trazas	22	8
Vitamina B(1) (b).....	0,75	4,8	93,0
Riboflavina (b).....	0,74	5,0	15,0
Acido nicotínico (b).....	26,5	250,0	60,0
Hierro (c).....	2,40	12,0	9,0

(a) Porcentaje, sustancia seca.

(b) mg/g, sustancia seca.

(c) mg/100, sustancia seca.

TABLA No. 11

Pérdida de algunos nutrientes durante la molienda del grano de trigo.

Constituyente	Porcentaje de pérdidas.
Potasio.....	77
Fosforo.....	70
Magnesio.....	85
Hierro.....	75

Piridoxina.....	80
Biotina.....	75
Niacina.....	75
Riboflavina.....	67

2.3 Efectos de la molienda.

Las harinas de trigo no solo difieren en la clase de trigo de que están hechas, sino también en la forma en que se muelen. Las harinas de trigo integral se hacen con toda la semilla. Las harinas blancas provienen del endospermo. Las harinas blancas suman el 97 % de toda la harina consumida. Una harina de 72 % de extracción, se conoce como "harina firme". Aquellas harinas hechas con menos del endospermo entero se conocen como "harinas de patente". El resto del endospermo da lugar a harinas claras de una calidad inferior.

Las harinas de patente de alta calidad, contienen una alta proporción del endospermo y un mayor porcentaje de proteínas que las harinas de patente de baja calidad, hechas de un mismo tipo de trigo (15).

De la habilidad del molinero depende tanto el porcentaje de harina que es capaz de separar del salvado como el porcentaje de cenizas o minerales que contiene la harina, así el primero puede variar del 70 al 80 % y el segundo de 0.400 a 0.700 %.

Se puede ver que la diferencia del 10 % en rendimiento puede representar una pérdida o ganancia para el molino.

El objetivo del molinero es desde luego obtener el máximo rendimiento con el mínimo de cenizas manteniendo la capacidad del molinero al máximo.

En México las harinas se clasifican generalmente de acuerdo con su contenido de cenizas en varios grupos que en orden ascendente de cenizas son: extrafina o alta patente, fina o patente, semifina y estándar.

De los resultados obtenidos en cenizas y proteínas se deduce que en México hay un bajo porcentaje de harinas extrafinas o altas patentes (19).

Las harinas varían de acuerdo al grado de separación que haya habido durante la molienda, es decir, la cantidad de salvado o germen que se consideren impurezas, presentes en la harina. Mientras mayor es el porcentaje de extracción mayor rendimiento se obtiene de la molienda, es decir, que el grado de extracción es la relación entre el trigo que entra al molino y la cantidad de harina que se obtiene.

La separación de la harina en el molino, se refiere a la división en diferentes clases de harina obtenida de una mezcla de diferentes trigos, depende también del refinamiento en la molienda. Por ejemplo, la harina llamada de patente, es harina refinada obtenida de endospermos purificados. Cada clase separada tendrá diferentes usos en la industria, correspondiendo también al tipo de trigo en cuestión (20).

La clasificación por medio de aire puede utilizarse para separar una harina en fracciones con diferentes proporciones de proteínas y almidón. Antes de esta innovación, el contenido de proteínas de la harina tenía que ser controlado por la clase de trigo utilizado y en menor grado, por la proporción de endospermo triturado al elaborar la harina.

La harina blanca tiene en promedio 65 a 70% de almidón y 8 a 13 % de proteína. El contenido de humedad varía del 12 al 15 %. Esta última puede variar con la humedad relativa del aire al que se expone la harina. La harina contiene aproximadamente el 2 % de pentosas y del 1 al 2 % de lípidos (15).

Dentro tipo de clasificación que se le da a la harina de trigo es mediante su uso, como harina para pan, harina para todo uso o familiar, harina para pasteles. Las partículas para todas las harinas molidas convencionalmente, caen en un cierto intervalo de tamaño, algunas harinas son más finas que otras. La harina para pan es gruesa y arenosa en comparación con la harina para pastelería, que es fina y polvorosa con una mayor tendencia a ser empacada. La harina para todo uso o familiar, como el término lo implica, un tipo intermedio, ni muy gruesa como la harina para ni tan fina como la harina para pasteles.

Como consecuencia de las diferencias en la composición de cada uno de los tipos, las harinas varían en su densidad. Una taza de harina para pan pesa más que una taza de harina para todo uso, la que a su vez, pesa más que una taza de harina para pasteles.

2.4 Valor nutritivo de la harina de trigo.

El valor nutritivo de la harina integral del 100 % de extracción es igual al del trigo, puesto que la harina integral debe contener todo el conjunto de productos obtenidos durante la molienda del trigo limpio, pero las harinas de menor extracción difieren en valor nutritivo del trigo, puesto que eliminan cantidades variables de salvado, germen y partes del endospermo que contienen mayores concentraciones de proteína, minerales y vitaminas (17).

La harina de trigo aporta a la dieta hidratos de carbono (principalmente almidón), proteínas, grasa, vitaminas y sales minerales. Se la consideran como un alimento calorico, rico en hidratos de carbono, pero su contribución en proteínas y vitaminas (particularmente del grupo B) y en sales minerales es también importante. Así la harina y el pan contribuyen a la dieta de muchos países con una proporción de proteínas mayor que la de calorías, y las proteínas del trigo son proteínas baratas.

La composición en aminoácidos de las proteínas totales de la harina de trigo difieren sustancialmente de la correspondiente al grano entero, pero la pauta general es similar. También, el primer aminoácido limitante es la lisina; el proceso de molienda origina una pérdida de lisina de alrededor del 25 %, lo que se traduce en un FER, para la harina, más bajo que el correspondiente al grano entero de trigo (0,6-0,7 frente a 1-1,6). El segundo aminoácido limitante es la treonina. El enriquecimiento de la harina o del pan con lisina aumenta significativamente el valor biológico de sus proteínas (2).

La composición de aminoácidos del gluten de trigo comparado con el patrón provisional de la FAO/OMS de 1973. La lisina es el aminoácido limitante del gluten de trigo y el índice de eficiencia proteica (P.E.R.) es de 0,7 en comparación con el de la caseína de 2,5. Para incrementar su valor nutritivo es necesario mezclar el gluten de trigo con otras fuentes de proteína de alta calidad como la soya. Así mezclas de gluten de trigo: soya al 30:70 incrementa el P.E.R. a 2,4.

2.4.1 Proteínas de la harina de trigo.

Las proteínas más importantes presentes en la harina de trigo son la gliadina y glutelina debido a que son los principales componentes del gluten. Tanto la gliadina como la glutenina, son las que producen alfa aminoácidos únicamente cuando se someten a una hidrólisis completa (21).

Osborne logro exitosamente separar las proteínas del trigo en cuatro fracciones principales, basándose en la solubilidad en determinados solventes (24).

Las proteínas simples se clasifican de acuerdo a su solubilidad en cuatro grupos:

- a) Albuminas. Solubles en agua, en soluciones salinas y coagulables por el efecto del calor.
- b) Globulinas. Insolubles en agua, solubles en soluciones salinas y coagulables por efectos del calor.
- c) Glutelinas. Insolubles en solventes neutros, solubles en ácidos y bases diluidas y coagulable al someterse al calor.
- d) Gliadinas. Prolaminas. Solubles en 80 % de alcohol, insolubles en agua, alcohol absoluto o solventes neutros presentes en semillas de cereales únicamente (21).

Las proteínas constituyen el 9-13 % del peso seco de la harina de trigo. El 85 % de las mismas poseen la característica singular de combinarse con el agua, dando lugar al denominado "gluten", que confiere a la masa, la capacidad de retener gas. El gluten puede aislarse sometiendo la masa, constituida por una mezcla de harina y agua, a un trabajo mecánico bajo corriente de agua, que arrastra el almidón y, también los constituyentes solubles. El gluten aislado posee propiedades plásticas características -alta cohesividad, extensibilidad y elasticidad-, que son propiedades de la masa panaria (2).

Estudios químicos han revelado que el gluten de trigo contiene alrededor de 80 % de proteína y dos terceras partes de su peso total es agua de hidratación. Comercialmente al gluten seco de trigo se le denomina "Gluten Vital" porque al añadirle agua recupera sus propiedades viscoelásticas; y cuando pierde estas propiedades debido a procesos inadecuados de secado, se le denomina "gluten devitalizado".

El gluten de trigo consiste principalmente de dos fracciones proteínicas: (1) Gliadinas y (2) Gluteninas y de concentraciones muy pequeñas de albúminas, globulinas, lecitinas, purtioninas y enzimas (ver tabla No. 12). Las características físico-químicas de las principales proteínas del gluten de trigo son:

1) Gliadinas. Son las proteínas solubles en etanol al 70 % y le imparten las propiedades viscosas al gluten de trigo. Estas proteínas representan del 35-40 % del total de proteínas de la harina de trigo. Su composición de aminoácidos se caracteriza por alto contenido de glutamina (40 %) y prolina (16-20 %) y por concentraciones deficientes de lisina. Su alta concentración de prolina la hace más resistente a la acción proteolítica de algunas enzimas: por eso, son más difíciles de hidrolizar tanto en vivo como en vitro.

Las gliadinas consisten en 30-40 componentes con pesos moleculares de 15,000 - 80,000 daltones. El patrón electroforético de las gliadinas sirve

como "huella bioquímica" para identificar las variedades de trigo. De acuerdo con su velocidad de migración en geles de almidón o poliacrilamida, las gliadinas se dividen en 4 grupos: α , β , γ y δ que difieren en sus propiedades moleculares.

2) Gluteninas. Son las proteínas más insolubles en agua, pero solubles en soluciones ácidas diluidas y muy solubles en detergentes como el dodecilo sulfato de sodio. Estas proteínas constituyen del 34-35 % del contenido de proteína de la harina de trigo e imparten las características elásticas al gluten.

Las gluteninas purificadas tienen pesos moleculares de 12,000 a 134,000 daltones y tienen la propiedad de agregarse y formar moléculas (agregados moleculares) de alto peso molecular. Estas proteínas juegan un papel muy importante en el proceso de panificación. Su composición de aminoácidos se caracteriza por altas concentraciones de glutamina que contribuyen con los grupos amida que forman puentes intra e intermoleculares de hidrógeno que son parte esencial de la matriz molecular de gluten de trigo para la retención de gases durante el proceso de panificación (23, 24).

Para dilucidar la relación entre la estructura de las proteínas y las propiedades del gluten, los distintos tipos de proteínas se han aislado, y se han analizado su composición en aminoácidos donde se observó que las proteínas del gluten gliadinas y gluteninas, contienen una proporción muy alta (más del 35 %) de ácido glutámico y relativamente alta (12-14 %) de prolina (24, 25). El ácido glutámico se encuentra principalmente como glutaminas, y los datos experimentales indican que los restos de glutamina son responsables, en gran parte, de las propiedades mecánicas del gluten (2).

Es importante notar el hecho de que el ácido glutámico se encuentra en su forma de monoamida, como glutamina. Hay evidencia de que este compuesto es el principal responsable de las propiedades cohesivas y elásticas del gluten (24).

El ácido glutámico forma más del 40 % del total del gluten. La mayor parte de este aminoácido está presente, no con su segundo carboxilo libre, sino como una amida, y como tal, está disponible para la formación de puentes de hidrógeno con los oxígenos de los grupos hidroxilo, carbonilo y carboxilo, de las proteínas y de otras moléculas (15).

Se observó que las gliadinas y gluteninas contienen una proporción menor de restos ácidos y básicos que las albuminas y globulinas, lo que explica su solubilidad en agua.

TABLA No. 12

Grupos funcionales en las proteínas de la harina de trigo.

Grupos	Aminoácidos	Albuminas y globulinas	Gliadinas	Gluteninas
Ácidos.....	Ácidos aspártico y glutámico	91	27	35
Básicos.....	Arginina, histidina, lisina, triptófano.	100	39	52
Amino.....	Asparaguina, glutamina	90	309	266
Sulfhidrilo y disulfuro.....	Cisteína, cistina	45	12	12
Milimoles/100 g de proteína.				

2.4.1.1 Importancia de los grupos sulfhidrilo y disulfuro.

Aproximadamente el 2 % de los aminoácidos del gluten son de cistina, cuyas moléculas contienen los enlaces de disulfuro. Sin lugar a dudas, muchas de las características especiales del gluten, provienen de su agrupación única de aminoácidos (15).

El elevado peso molecular de las gluteninas parece deberse a la asociación de cadenas, de menor peso molecular, mediante puentes disulfuro. Si estos puentes se rompen, por acción de agentes reductores, la glutenina pierde sus propiedades mecánicas, adquiriendo características viscoelásticas similares a las de la glicina. Los fragmentos obtenidos por reducción de la glutenina poseen un peso molecular bastante uniforme, de alrededor de 20 000, semejante al de las gliadinas (2).

La glutenina forma una masa dura, de consistencia parecida al hule cuando se hidrata, mientras que la gliadina produce una masa fluida y viscosa al hidratarse. El gluten normal, en contraste, demuestra propiedades físicas como cohesión, elasticidad y flujo viscoso que combinan las características extremas de los dos componentes que lo forman (2).

Es muy importante el papel que juegan los grupos sulfhidrilo de las cadenas polipeptídicas en las propiedades reológicas de la masa, a pesar de las cantidades extremadamente pequeñas en que se encuentran presentes. Lo mismo sucede con los grupos disulfuro (25).

Tanto la gliadina como la glutenina contienen abundantes enlaces disulfuro, pero mientras que en la gliadina son principalmente de tipo intramolecular, originando plegamiento de cadenas, en la glutenina son, en su mayoría, de tipo intermolecular, originando agregados de alto peso molecular.

La formación de enlaces cruzados en las gluteninas modifica la calidad panadera de las harinas. Los puentes disulfuro desempeñan, en este sentido, un papel fundamental; de la proporción de este tipo de enlaces, principalmente intermoleculares, depende, en gran parte, la capacidad de alargamiento -extensibilidad- de la masa, así como la tendencia de la misma a volver a su estado original -elasticidad- (2).

Los enlaces intermoleculares disulfuro son más reactivos que los enlaces disulfuro intramoleculares, y tienen una mayor importancia en las propiedades de la masa. La hipótesis postulada por Golstein acerca del intercambio sulfhidrilo - disulfuro explica y certifica el marcado efecto producido por las cantidades pequeñas de grupos sulfhidrilo y disulfuro en la masa. De acuerdo a esta opinión cuando se mezcla la masa, los enlaces disulfuro se rompen por la tensión depositada en ellos y luego se forman nuevamente por la interacción con grupos sulfhidrilo ya sean inter o intramoleculares. El intercambio provee un mecanismo para relevar la tensión creada entre los fragmentos del gluten y por lo tanto, retarda la fragilidad de la masa causada por el exceso de mezclado. También imparte movilidad o flujo viscoso a la masa, ya que del intercambio resulta la formación de un nuevo grupo sulfhidrilo susceptible a la oxidación y otro tipo de reacciones. Los grupos sulfhidrilo formados pueden reaccionar más de una vez y el ciclo se puede repetir varias veces (25).

Las proteínas de la gliadina se cree que son cadenas únicas de

polipeptidos que se mantienen en una forma elipsoidal compacta por los enlaces de disulfuro (S-S) intramoleculares. Las gluteninas son moléculas de mas diversos tipos. Estas gluteninas insolubles en alcohol, se pueden separar en una fracción que es soluble en ácido acético diluido y una fracción que es insoluble en este medio. Un esquema ideado para ayudar a visualizar como los dos subgrupos de glutenina pueden disponerse, se observa en la figura 1.1. La glutenina insoluble (glutenina II del esquema) esta formada por sub unidades de polipeptidos, cada uno de ellos mantenidos de manera compacta por enlaces de disulfuro intramoleculares. Estas subunidades están ligadas, a su vez, en una forma mas o menos lineal por enlaces de disulfuro interpolipeptidos. Las subunidades de glutenina solubles en ácido acético (glutenina I del esquema) se cre están unidas una a la otra y a los polipeptidos de la glutenina II por enlaces de Van der Waals. En este orden, la glutenina II contribuye a la elasticidad y los enlaces móviles de la glutenina I contribuirían con el elemento viscoso del gluten. Las proporciones de los dos en una harina podría determinar en gran medida, las características reológicas de la masa.

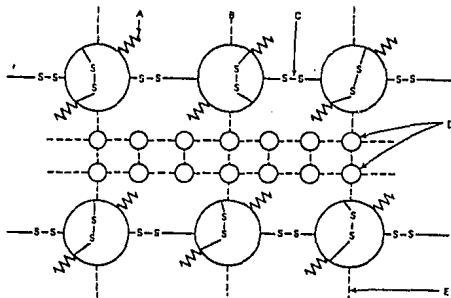


figura 1.2 Modelo de la glutenina: un esquema para explicar sus propiedades funcionales. A) subunidad de glutenina II con B) enlaces disulfuro intramoleccular y C) enlace de disulfuro interpolipeptídico, D) Subunidades de glutenina I, E) Enlaces secundarios (es decir, puentes de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas) (15, 2).

2.4.2 Carbohidratos en harina de trigo.

Esta fracción, la mas abundante en la harina, esta compuesta de tres grupos principales: Almidón (66.7 %), pentosas (1.6 %) y azúcares totales (1.2 %). El almidón a su vez, se presenta en dos formas: una de cadena de glucosa sencilla la amilosa (31.0 %) y otra de cadena glucosa ramificada, la amilopectina (31.0 %). El azúcar mas abundante en la harina es la

sacarosa (0.1 - 0.38 % y le sigue la maltosa (0.07 %) y la glucosa (0.01 % a 0.04 %).

Es sabido desde hace mucho tiempo que los carbonhidratos juegan un papel importante en la calidad de la harina ya que no solo sirven como soporte a la red formada por proteínas y lípidos, sino que además proporcionan componentes principales responsables de la formación de gas durante la fermentación: maltosa.

La importancia del almidón en las propiedades plásticas de la masa se exagera en el pasado, pero la creencia general es que el gluten es el verdadero responsable de dichas propiedades (26).

Sandstedt, señala las siguientes funciones del almidón en el proceso: 1), diluye el gluten, para dar una consistencia adecuada a la masa; 2), es una fuente de azúcar para la fermentación, a través de la acción de las amilasas; 3), proporciona una superficie adecuada de unión con el gluten; 4), por gelatinización parcial, en el proceso, se transforma en una masa flexible, pero difícil de desintegrar, y 5), al gelatinizarse, absorbe agua del gluten, contribuyendo a originar una estructura permeable a los gases y evitando que, en el enfriamiento de la pieza, a la salida del horno, el volumen de la misma se reduzca drásticamente (2).

2.4.3 Lípidos en la harina de trigo.

Los lípidos de la harina desempeñan un papel importante en el comportamiento de la masa, pero los mecanismos que intervienen no se conocen bien debido a la diversidad y complejidad de las interacciones entre los diversos constituyentes de la harina.

Los lípidos de la harina pueden agruparse en: a), lípidos enlazados dentro del gránulo de almidón, y b), lípidos no enlazados o libres. Estos últimos se extraen con facilidad mediante disolventes polares; los primeros sólo se extraen en caliente (90-100°C) con mezclas de butanol-agua.

Los lípidos libres están constituidos, fundamentalmente, por triglicéridos (alrededor del 55 % de los totales), abundan también los glicolípidos y los fosfolípidos. Los dos primeros glicolípidos identificados en la harina fueron ésteres de β -D-galactopiranosil-1-glicerol del α -D-galactopiranosil-1,6- β -D-galactopiranosil-1-glicerol. Entre los fosfolípidos, los más abundantes son las lecitinas, seguidas por las cefalinas (2).

Los lípidos libres están a su vez compuestos por lípidos no polares (0.6 %) y lípidos polares (0.2 %). Los lípidos no polares incluyen principalmente triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos, esteroides e hidrocarburos. Los lípidos polares incluyen glicolípidos y fosfolípidos. Estos dos últimos lípidos también se encuentran ligados a otros tipos de compuestos.

Los lípidos enlazados son casi exclusivamente lípidos monoácidos, constituidos en un 86-90 % por lisofosfolípidos. Estos lípidos se encuentran enlazados en el interior del gránulo de almidón con las cadenas helicoidales de amilosa (2, 15).

Los lípidos incluidos en grandes proporciones, limitan la cantidad del gluten que se puede desarrollar en una harina, debido a que cubre las partículas de harina, evitando así que el agua se ponga en contacto con ellas (2).

La función de los lípidos en el proceso es múltiple; modifican la

estructura del gluten durante el mezclado, ayudan a la oxidación de grupos sulfhidrilos, ayudan a la polimerización de proteínas, actúan como lubricantes, ayudan a la retención de gas sellando las burbujas, previenen interacción entre los granulos de almidón durante la gelatinización y dan apoyo estructural al gluten (26).

2.5 Calidad en harinas de trigo.

La harina de trigo es usada ampliamente en la dieta diaria del ser humano. Su uso en la fabricación de pan de fermentación en todos sus tipos, pastas, pasteles y galletas está profusamente extendido en la mayoría de los países.

La calidad en la harina de trigo es un término hasta cierto punto ambiguo ya que una harina puede ser buena para cierto fin y mala para otros; así una harina para pan es generalmente mala para galletas y pastas y viceversa (19).

Durante mucho tiempo se confundió calidad con la fuerza de la harina en la que está mayormente interesado, esto es, la capacidad de la masa de expandirse y retener los gases producidos durante la fermentación. Dos cosas son pues necesarias en la masa: formación de gas y retención del mismo (26).

Los grados de calidad o diferentes tipos de la harina de trigo dependen de varios factores que son: variedad de trigo, suelo y medio ambiente en el cual se cultiva el trigo, tipo de acondicionamiento, molienda y extracción de la harina, así como los aditivos químicos agregados a la misma (19, 26).

La calidad de la harina depende de las características intrínsecas, de sus proteínas determinadas por la variedad (genotipo). El contenido y calidad de la proteína determinan las propiedades reológicas y panaderas de las variedades de trigo. El contenido de proteína depende de factores agrónomos y ambientales. La calidad del gluten es determinado por el genotipo, por lo tanto una variedad la hereda. Sin embargo, la calidad del gluten puede ser afectado por condiciones adversas tales como enfermedades, altas temperaturas y lluvias durante la etapa de maduración, heladas, etc. (10, 3).

2.5.1 Métodos para determinar la calidad de las harinas de trigo.

Las propiedades plásticas de la masa de trigo determinan el comportamiento de esta durante su procesamiento para la elaboración de pastas, pan, galletas y pasteles. La variedad, el contenido y la calidad de la proteína juegan un factor determinante en la calidad de la harina. Para evaluar la calidad de harinas se usan generalmente 3 tipos de análisis: 1) pruebas físico-químicas, 2) pruebas reológicas y 3) elaboración del producto (10).

1. Pruebas físico-químicas. Se realizan desde las primeras generaciones del material genético tanto análisis físico del grano como pruebas químicas, las más importantes son las siguientes:

-Físicas: Análisis físico del grano. Descrito en el capítulo I.

-Químicas:

a) Prueba de Felshenke. Esta es una microprueba de fermentación, basada

en la habilidad del gluten para retener el gas desprendido durante la fermentación. Se realiza en harina integral. Su importancia reviste en que desde generaciones tempranas es posible clasificar las líneas de trigo en gluten fuerte, gluten medio y gluten suave, según los minutos que tarde la bola de masa en presentar fisuras y dejar escapar el gas.

b) Proteína. El contenido proteínico de una harina determina el comportamiento de esta durante la panificación; este parámetro está relacionado con volumen del pan, capacidad de absorción de agua por parte de la harina y resistencia al mezclado principalmente.

La calidad industrial de un producto final (pastas o pan) depende específicamente tanto de la calidad como de la cantidad de proteína presente en la harina.

Se señala como mínimo 8 % de proteína para que una harina pueda considerarse apropiada para industrializarse, sin embargo es necesario destacar que más que la cantidad, es importante la calidad de la proteína, específicamente las proporciones de gliadina y glutenina que están integrando esa proteína, pues son estas fracciones las responsables del comportamiento del gluten de la masa.

En los laboratorios de calidad la evaluación de proteína se lleva a cabo tanto por el método químico (Kjeldhal) como por el físico-químico de reflectancia infrarrojo.

c) Sedimentación. Esta prueba aplicada a líneas de generaciones segregantes permite predecir la calidad y cantidad de proteína presente en una harina.

La prueba está basada en la velocidad de expansión y sedimentación de las partículas de proteína de una harina cuando estas absorben agua en presencia del ácido láctico. Las líneas se clasifican de acuerdo al volumen sedimentado.

d) Cenizas. El contenido de cenizas en una harina nos habla de la pureza de esta y refleja la eficiencia en la separación del endospermo del salvado y el germen durante el proceso de molienda.

Cuando la presencia de cenizas se eleva más allá del rango señalado, comienza a haber problemas en el proceso del producto que se pretende elaborar.

e) Humedad. La determinación de humedad es un parámetro importante que se considera en los procesos reológicos y de panificación para la evaluación del por ciento de absorción. También es imprescindible su evaluación para reportar los resultados a una humedad estándar (27).

La humedad es una prueba muy importante, por lo que es rutinaria en el control de calidad del trigo y la harina, puesto que varios parámetros y manejo de operaciones de los mismos, se hacen en función de la humedad. El trigo para la molienda se acondiciona ajustando a 10 % de humedad. En una molienda normal, la harina debe contener cerca del 14 % de humedad (28).

2. Pruebas Reológicas. Estas pruebas evalúan objetivamente el comportamiento visco-elástico de una masa, a través de su plasticidad, viscosidad y elasticidad. Son ampliamente usadas en los programas de mejoramiento genético de trigo, por su reproductibilidad y precisión y por completar las pruebas analíticas para predecir la calidad de una harina.

Las características reológicas de una harina se evalúan por medio de aparatos mecánicos como el mixógrafo y alveógrafo. Estos aparatos miden y

grafican automáticamente los cambios viscoelásticos de la masa conforme se le va adicionando agua a la harina.

Otros instrumentos como el farinografo, permiten evaluar la capacidad de absorcion en una harina, obtenida al medir la cantidad de agua añadida a ésta para alcanzar una consistencia estandarizada a 500 unidades farinograficas (U.F.). Este factor es importante porque altos valores de absorcion tienden a incrementar los rendimientos unitarios en panaderia.

A continuacion se describen los principales analisis reologicos:

a) Alveograma. Esta figura es obtenida mediante un instrumento llamado alveografo de Chopin, el alveografo nos da informacion sobre la capacidad que presenta un gluten propiamente desarrollado para extenderse y ademas su habilidad para retener gas. Estas caracteristicas son expresadas por el balance que existe entre la tenacidad y la extensibilidad presente en una harina determinada.

Es posible separar los trigos con gluten fuerte en trigos balanceados, extensibles y tenaces, de igual manera los de gluten medio fuerte y debil, obteniendo asi informacion sobre la potencialidad de la harina para producir pan de caja, galletas o pastas con un indice de calidad requerido por la industria.

De la gráfica del alveografo (alveograma) se obtienen los valores de W y la relacion T/L, el primero representa el area bajo la curva, y nos habla de la fuerza del gluten, el segundo es el indice de elasticidad.

b) Mixograma. Es la grafica producida por el instrumento llamado mixografo de Swanson, en el que la masa es sometida a un constante mezclado, graficandose automaticamente la oposicion a esta accion. Nos proporciona informacion sobre tiempo optimo de mezclado y tolerancia al mezclado en una harina determinada. Estos parametros son importantes para predecir el comportamiento de las harinas al ser sometidas a un proceso mecanizado.

3. Pruebas de elaboracion del producto. Esta es la única prueba que evalúa los parametros que se determinan para cada producto en especifico.

A si mismo estas pruebas determinan si la harina es apta o no apta para el producto que se pretenda elaborar (27).

CAPITULO III : MEJORANTES: AGENTES OXIDANTES O MADURADORES.

3.1 Generalidades.

Una de las discusiones mas frecuentes dentro de la industria alimentaria es el empleo de aditivos dentro de la misma.

Todos los alimentos estan constituidos por sustancias cuyas interacciones determinan en gran medida muchas de las caracteristicas y propiedades de cada alimento.

En la industria se requiere de ciertos compuestos quimicos llamados aditivos que permitan tener un mayor control de las variables que intervienen en la produccion de los alimentos (33).

Como aditivo en alimentos, se considera cualquier sustancia quimica presente en un alimento, agregado durante su preparacion. Ademas en esta categoria ninguna sustancia es naturalmente presente con una concentracion elevada para fortificacion. Desde que el azucar, la sal y el vinagre se han usado por siglos, estos no se consideran como aditivos. Actualmente muchos compuestos son agregados a los alimentos y la lista de sustancias que protegen contra la putrefaccion, que elevan el sabor o que dan nuevas propiedades a un alimento, estan incrementandose rapidamente (52, 33).

Por otra parte, un Comité Mancomunado de Expertos sobre aditivos alimenticios de la FAO y OMS definieron "aditivos alimenticios" como sustancias no nutritivas añadidas intencionalmente a los alimentos, generalmente en pequeñas cantidades.

Las sustancias añadidas principalmente para aumentar el valor nutritivo no son consideradas en esta categoria. Se conoce, sin embargo que, en ciertos casos las sustancias quimicas añadidas para impartir una deseada cualidad al alimento o para cualquier otro proposito funcional puede tambien tener valor nutricional.

El Comité de Proteccion de Alimentos de la Academia Nacional de Ciencias define un "aditivo alimenticio" como una sustancia o mezcla de sustancias, que no son producto basico, que estan presentes en el alimento como el resultado de cualquier aspecto de la produccion, procesado, almacenamiento o empackado. El termino no incluye los contaminantes probables.

El empleo de aditivos aumenta a medida que los paises requieren un grado tecnologico y economico mas avanzado, ya que su nivel de vida requiere de un mayor numero de alimentos preparados.

El uso de aditivos alimenticios puede ser justificado tecnologicamente cuando, ademas de la comprobacion de su seguridad en relacion con la salud, cumple los siguientes requisitos.

1. Se mantiene la calidad nutritiva de un alimento.
2. Aumenta el mantenimiento de la calidad o estabilidad, dando como resultado una reduccion en la perdida de los alimentos.

3. Hace atractivos los alimentos al consumidor de forma que no lleve al engaño.
4. Proporciona ayuda esencial en el procesado de alimentos (33).

Los aditivos alimentarios son sustancias sin valor nutritivo que se añaden intencionadamente a los alimentos para modificar sus propiedades o su conservación y facilitar los procesos de elaboración. No se consideran como aditivos los contaminantes casuales, con lo que quedan excluidos los plaguicidas, fertilizantes o materiales que acompañan inadvertidamente a los alimentos.

Los primeros aditivos fueron la sal y las especias, que se usan desde tiempos prehistóricos en la cocción y preparación de los alimentos. Las especias fueron objeto de intenso comercio en la Edad Media y constituyeron uno de los acicantes para el descubrimiento de América y los viajes al lejano Oriente, como el de Marco Polo (2).

El color, olor, sabor y textura juegan un papel importante en el grado de atracción que los alimentos tienen sobre la mayoría de las personas. Durante siglos se han usado agentes colorantes y otros aditivos en los alimentos con el objeto de hacerlos más apetecibles (48).

El empleo de algunos aditivos alimentarios supone unos riesgos sanitarios que obligan a una estricta reglamentación legal de su uso (2). Antes de establecer el uso de los aditivos para alimentos, extensos estudios sobre sus efectos en el organismo humano han sido necesarios en países en que se usan.

A pesar de esto hay personas que se muestran asépticas al uso de cualquier sustancia química en los alimentos. Actualmente los alimentos producidos en alguna parte del mundo son consumidos a miles de kilómetros de distancia lo cual no sería posible sin aditivos químicos. No hay ninguna razón lógica para que algún defecto en la forma natural del alimento no sea corregida mediante el uso de aditivos químicos.

Tal vez habría menos prejuicio sobre el uso de dichos aditivos químicos si se recordara el hecho de que los alimentos (carne, verduras, frutas, pan, etc) no son más que combinaciones de complejos químicos como son los carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, etc.

Sería difícil en estos tiempos encontrar un molino de trigo que no agregue una sustancia química en la harina ya sea en forma de polvo o en forma de gas. El tipo de aditivo es variado ya que la calidad del producto depende en gran parte del uso apropiado de estos aditivos químicos. En ocasiones se necesita una harina más blanca que otra (pasteles) en otras ocasiones se necesitan harinas que produzcan masas más tenaces (pastas) o más extensibles (galletas). El pan francés, pan de caja o de molde, o el bolillo se prefieren de buen volumen, textura uniforme, color blanco brillante en la miga y un color dorado en la costra. Todo esto se puede conseguir mediante el uso de un producto químico adecuado.

Un problema con que frecuentemente se encuentra el fabricante de harinas es el de conseguir las variedades de trigos apropiadas ya que, hasta la fecha, no se conoce una variedad de trigo que sirva para hacer harina que pueda ser utilizada en todos los distintos tipos de productos de

trigo. Así una harina para pasteles no serviría para hacer pastas, galletas ni mucho menos para pan francés, pan de caja o bolillos.

Este problema de las variedades de trigo es grandemente aliviado mediante el uso de los aditivos químicos; así a una harina para pastas puede dársele una tenacidad y color más apropiado, a una harina para galletas puede dársele una mayor capacidad de fermentación y extensibilidad para mejorar la apariencia de las mismas y a un pan francés o el bolillo puede mejorarse en volumen y color mediante el uso de agentes químicos, compensando las variedades de trigo usadas en la fabricación de la harina.

Los molinos de trigo que realmente cuidan las calidades de sus productos no descuidan nunca el aspecto de los aditivos químicos ya que resulta económico su uso.

Mediante el uso de aditivos el volumen de los panes y otros productos de trigo pueden aumentar considerablemente necesitando menos masa para producir un volumen dado, lo cual, resulta una economía.

Frecuentemente los aditivos químicos para harinas se presentan en forma de combinaciones de varios de los agentes activos. Estas formulaciones vienen diluidas en almidón de trigo o de maíz o con otros excipientes inertes con el objeto de que el aditivo sea fácilmente dosificado en la harina. El vehículo ayuda también a una mejor distribución y homogenización de los agentes químicos en el seno de la harina.

Los mejorantes se definen como aquellos agentes que añadidos a las harinas de trigo modifican las características reológicas de las masas.

La mayoría de los mejorantes son diseñados para aplicaciones similares y además contienen básicamente los mismos ingredientes en aproximadamente la misma proporción, y sus funciones son las mismas en la mayoría de los casos.

Los productos químicos usados como mejoradores en la harina de trigo directamente en el molino pueden clasificarse en tres grupos principales: 1. Aquellos que actúan mayormente sobre los pigmentos, y se les conoce como blanqueadores, 2. Aquellos que actúan sobre la proteína principalmente y se llama agentes maduradores, 3. Aquellos que actúan sobre los dos: pigmentos y proteínas. Existe un cuarto grupo cuyo uso en la harina está profundamente extendido: las enzimas, su aplicación es directamente en la industria transformadora (para panes y pasteles principalmente). Su utilización se ha tratado en varios estudios (48).

Un mejorador completo dentro de la industria transformadora, es básicamente una composición de materias primas que incluyen cuatro ingredientes principales: 1. Maduradores, 2. Enzimas, 3. Emulsificantes y 4. Alimentos para levadura. Así mismo el mejorante puede contener otros como harina de soya, L-cisteína, grasa, azúcar, etc.

Estos compuestos o productos son muy empleados como auxiliares básicos en los procesos modernos de la industria transformadora. Las funciones de estos son las siguientes:

a) Maduradores. Generalmente compuestos de un agente oxidante y un vehículo actuando principalmente como modificadores de la elasticidad del

gluten contenido en la harina de trigo. Principalmente utilizados en los molinos.

b) Enzimas. Catalizadores orgánicos que actúan en dosis mínima, desdoblando el almidón y produciendo maltosa, que es un azúcar usada en el metabolismo de la levadura, mejorando así la producción de gas que da volumen al pan.

c) Emulsificantes. Son productos específicos que facilitan las mezclas y homogenización de los ingredientes principales en el proceso de panificación.

d) Alimentos de levadura. Principalmente algunas sales que, en dosis muy bajas ayudan a la levadura en sus procesos metabólicos (50)

La siguiente lista muestra las sustancias químicas más usadas en los diversos productos de trigo (48,33).

Agentes Blanqueadores (para harinas panaderas).

1. Peroxido de benzilo.
2. Peroxido de nitrógeno.

Agentes Maduradores (para harinas pasteras).

1. Fosfato ácido de calcio.
2. Persulfato de amonio.
3. Bromato y yodato de potasio.
4. Ácido succínico.
5. Ácido ascórbico.
6. Azodicarbonamida.

Agentes Blanqueadores y Maduradores (para harinas panaderas).

1. Tricloruro de Nitrógeno.
2. Cloro.
3. Dióxido de cloro.

Entre los innumerables factores que contribuyen a la respuesta de la harina a los aditivos se encuentran los siguientes:

1. Tipo de harina, variedad de trigo.
2. Rendimiento de harina.
3. Condiciones de acondicionamiento y molienda (humedad, temperatura, etc)
4. Tiempo de almacenamiento del trigo y la harina.
5. Temperatura de almacenamiento de la harina.
6. Cantidad de germen presente en la harina.
7. Porcentaje de grasa en la harina.
8. La activación o inhibición de las enzimas diastásicas y proteolíticas.

Hoy por hoy el uso de aditivos en la harina va en aumento y los dosificadores de estos productos son ya parte del equipo de todo molino como son los bancos, purificadores y cernidores.

Hay varios factores que contribuyen al aumento en el consumo de estos aditivos:

1. La cantidad de productos hechos con harina de trigo es hoy día mas numerosa.
2. Las posibilidades de conseguir las diferentes variedades adecuadas de trigo son cada día mas remotas .
3. Los fabricantes de harina necesitan mejores rendimientos para compensar los altos costos de producción y materia prima.
4. La ruda competencia que obliga al fabricante de harina a producir harinas de mejor calidad para lo cual ayudan grandemente los aditivos (48).

3.2 Agentes Maduradores.

3.2.1 Naturaleza del proceso de maduración.

Es un hecho tradicionalmente aceptado que con harinas de trigo recién producida no es posible llevar a cabo el proceso de amasijo y desarrollo del gluten que la panificación moderna exige, debido a que no existe un desarrollado óptimo del gluten.

The Nutrition Committee of the American Bakers Association, califican a los oxidantes como designados para ayuda al proceso, interpretación que la FDA no convino (53).

Mediante el almacenamiento de la harina por un tiempo de varios meses bajo condiciones de temperatura y aireación rigurosamente controladas, es posible obtener una considerable mejoría en este sentido.

Sin embargo esta solución, desde un punto de vista económico y práctico, no es la mas adecuada y por lo tanto en los últimos años, este proceso de añejamiento de la harina o "maduración natural", ha sido reemplazado eficazmente por el empleo de agentes químicos oxidantes. Estos actúan sobre los componentes proteicos de las harinas, y llevan a cabo en forma rápida las modificaciones que por mucho tiempo fueron obtenidas en forma natural mediante el oxígeno del aire.

Pomeranz (1968) y Anglemier (1976), han establecido que la maduración es esencialmente un proceso oxidativo, en el cual se ven involucrados los grupos sulfidrilos y disulfuro de las dos proteínas mas importantes de la harina : gliadina y glutenina.

Estas dos proteínas poseen la propiedad poco común de formar una masa elástica y cohesiva al mezclarse con agua durante la etapa de amasijo. Esta estructura conocida como gluten, puede presentar características fisico-químicas muy variadas, dependiendo fundamentalmente de la naturaleza de las proteínas y de los tipos de enlaces existentes en ellas, (ver capítulo II).

Se atribuye a la presencia de uniones del tipo disulfuro (S-S) la propiedad de buena elasticidad y cohesión que presenta la masa, responsabilizando por otra parte a grupos sulfidrilos (-SH) de las características de alta extensibilidad y poca resistencia (49,17,59).

Tsen expuso que existen barreras físicas y químicas que ocasionan la

poca actividad de los grupos SH, como son el tamaño de partícula, solubilidad del gluten en harina, impedimento estérico y de grupos vecinos o al lado de la cadena de proteína de la harina (58).

El gluten de trigo difiere en respecto de las demás proteínas de los cereales, pero es similar a ciertas proteínas de origen animal que muestran habilidad de enrollarse, estirarse y retraerse. Puede ser visualizado como una cadena de aminoácidos apretada y enrollada. La cadena enrollada es ayudada por una configuración apretada por enlaces disulfuro, enlaces covalentes entre átomos sulfuro adyacentes.

Ocurre un desenrollado parcial y enrollado, suficiente para que los enlaces disulfuro tomen el gluten enrollado para poderse relajar o romper de manera que lo enrollado pueda desenrollarse y estirarse. La ruptura de enlaces disulfuro llega a separar los grupos sulfhidrilo formando enlaces sulfuro con hidrogeno.

La ruptura de enlaces sulfuro-sulfuro ocurre principalmente en la siguiente manera:

1. Atraves de energia mecanica impartida a la masa durante el mezcado y el desarrollo mecanico de la masa.
2. Atraves de modificaciones enzimaticas, debidas a enzimas presentes naturalmente o agregadas durante el proceso.
3. Atraves del efecto modificado de constituyentes conteniendo los grupos disulfuro activos, como es el aminoácido cisteina, disponible comercialmente. Ciertos productos naturales, como la leche sin calentar, germen de trigo sin tratar y levadura seca inactiva, contienen grupos sulfhidrilo en forma de peptidos. Estos tambien muestran el gluten modificado, efectos que aparecen en la masa al ser acompañada por otros efectos favorables (53).

Durante las operaciones que comprende las conversiones de la harina en pan, se produce la ruptura de una serie de enlaces disulfuro a grupos sulfhidrilos. Este rompimiento puede ser efectuado por la energia mecanica impartida durante la mezcia y desarrollo de la masa, o bien a través de modificaciones de compuestos que contienen grupos sulfhidrilos activos como por ejemplo el aminoácido cisteina.

Estas modificaciones conducen a la formacion de una masa de poca resistencia, y que puede experimentar con cierta facilidad la extensión y ruptura de su estructura.

Esta situacion, que logicamente no es favorable desde el punto de vista de panificacion, puede ser controlada si se permite que en la harina actuen agentes quimicos oxidantes conocidos comercialmente en nuestro pais como "mejoradores".

El tratamientos de harinas con agentes oxidantes puede ser ejecutado de dos formas: 1) mezclando los agentes quimicos en seco, como el bromato de potasio, persulfato de potasio, con la harina o tratando la harina con agentes gaseosos como el cloro o dióxido de cloro. La adición de agentes solubles a la masa formada con agua puede ser practico. La cantidad de agentes oxidantes que se emplean varia según el tipo de agente oxidante, y el tipo de harina, generalmente su orden de magnitud es de 10mg/1kg de harina (4).

Los estándares de la FDA de identidad de 1975 y 76 permiten el uso de bromato de potasio, bromato de calcio, yodato de calcio, y peróxido de calcio a niveles que no excedan una combinación total de 75 ppm (53).

No todas las harinas se benefician con la adición de oxidantes. Harinas bien envejecidas o harinas que hayan sido tratadas con óptimas cantidades de oxidantes en el molino, pueden no mostrar ningún resultado benéfico de su uso como mejorantes en la masa y pueden en realidad dar un producto de menor calidad. Las harinas que reaccionan mejor a los mejorantes son probablemente las que son de una alta extracción. Extracciones de harinas cortas de variedades de trigos pobres no tienen que ser mejoradas por el todo adicionando oxidantes químicos (51).

Los agentes oxidantes según Tsen aumentan la extractibilidad de la proteína con ac. acético, durante el mezclado, esta extractibilidad depende del agente oxidante que se emplee. La cantidad de proteína extraída de la masa tratada con varias concentraciones de estos agentes, se incrementa con la elevación de los niveles de tratamiento, sus efectos son comparativos con su acción mejoradora de la masa. Un mezclado prolongado puede aumentar efecto de extractibilidad probablemente porque más grupos SH son oxidados o bloqueados con el mezclado haciendo más agregados de proteína lábiles a la desintegración (56).

De acuerdo a Doose y Wolter (1955), el tratamiento de las masas con oxidantes puede algunas veces ser reconocido por la apariencia de rupturas en la superficie de la masa y al final del periodo de fermentación.

Algunos panaderos encontraron una manera de calcular los niveles de oxidantes, ellos necesitan convertir ppm a porcentajes. Una manera simple de hacerlo fue usando la sig ecuación:

$$x \text{ ppm} = (10-4 \times) \%$$

Al convertir ppm a % simplemente multiplicaron por 10-4 (53).

3.2.2 Mecanismo de acción de los agentes oxidantes.

Jackel (1977), indica que es la forma oxidada de los diversos agentes oxidantes, el compuesto activo que realiza el proceso oxidativo en las harinas. En la mayoría de los casos, se desprende oxígeno con los grupos sulfidrilos de las proteínas del gluten y provoca su oxidación. Esto da origen a nuevos y numerosos enlaces disulfuros intermoleculares, los cuales fortifican la estructura y mejoran las propiedades de resistencia y elasticidad de la masa (49).

Hay algunas controversias acerca del modo exacto de acción química de los agentes oxidantes, inclinándose a ver que estos se emplean para dar como efecto principal la oxidación de grupos sulfidrido en la proteína, resultando una masa más dura, seca, rígida con disminución de su extensibilidad (52, 51, 4).

La importancia de los enlaces cruzados disulfuro en proteínas, para propiedades de la masa, es confirmado por la solubilidad del gluten en medio alcalino en donde los grupos disulfuros son transformados en grupos tiol ionizados, la rigidez del gluten puede ser restablecida por la divisi

ón de los grupos disulfuro reponiendo con otros enlaces cruzados entre los mismos sitios (4).

Los diversos agentes mejoradores presentan velocidades e intensidades de reacción diferentes. Esto se resume en la Tabla No. 13, donde se puede observar a modo de ejemplo que el bromato en cualquiera de sus dos formas, potasio, calcio, es el más lento, comenzando su actividad en la etapa de horneado. Otros, como el ac. ascórbico, poseen una acción inicialmente débil pero su efectividad es alta una vez que el proceso ha alcanzado la etapa de fermentación de la masa, donde las condiciones de humedad y temperatura existentes aceleran su reacción.

Por otra parte, no todas las harinas responden en igual forma a los agentes oxidantes, requiriendo muchas de ellas dosis estrictamente apropiadas a sus características, (Barber et al 1980).

TABLA No. 13

Mecanismo de acción de agentes oxidantes.

AGENTE	VELOCIDAD	ACTUACION
Bromato de Potasio	lenta	horneo
" " Calcio	lenta	horneo
Yodato de Potasio	rápida	amasijo y fermentación
Yodato de Calcio	rápida	amasijo y fermentación
Peroxido de Calcio	rápida	amasijo y fermentación
Azodicarbonamida	rápida	amasijo y fermentación
Acido Ascórbico	intermedia	amasijo y fermentación
Peróxido de Acetona	rápida	amasijo y fermentación.

Es así como se ha observado que el tratamiento de harinas con cantidades excesivas de agentes oxidantes produce un efecto negativo en sus cualidades panaderas. Esto se traduce en la formación de una miga irregular, color inadecuado, menor volumen, corteza dura, etc. (Matz, 1972).

Además de lo anterior, se debe considerar también el adecuado nivel de aplicación de los oxidantes, puesto que existen diferencias en el adición de unos y otros. Por ejemplo, el uso de Bromato en pequeñas dosis trae problemas de baja oxidación, mientras que los yodatos en dosis ligeramente excesivas producen problemas de sobre oxidación. Peroxido de calcio y azodicarbonamida no son tan estrictos como los yodatos, pero también pueden causar una alta oxidación cuando su dosificación es excesiva. El ácido ascórbico que constituye uno de los mejoradores mayormente utilizados, no escapa a esa problemática, puesto que también experimenta situaciones de sobreoxidación cuando es usado en niveles demasiado elevados.

Una baja oxidación provoca una masa suave, pegajosa y extensible y

muestra poca nabilidad en la maquina. Una sobre oxidacion en la masa muestra las características contrarias, siendo la masa firme, seca y dura en la maquina, rigida y apretada (53).

Es importante destacar que los agentes quimicos empleados como oxidantes pueden actuar no solo como maduradores, sino que varios de ellos cumplen acemas, con la funcion de activos blanqueadores al oxidar los pigmentos carotenoides de las harinas(49). Asi pues los agentes oxidantes pueden blanquear los pigmentos de la harina, produciendo una harina blanca cuando se emplea por ejemplo el dióxido de Nitrogeno y el peróxido de benzilo.

Dentro de los agentes oxidantes mas utilizados por la industria molinera y panadera, y que actuan solamente como agentes maduradores sin tener una accion perceptible en blanqueo, se incluyen: bromatos, yodatos, azodicarbonamida y ac, ascorbico.

Existe una serie de otros compuestos de tipo gaseoso que actuan fundamentalmente como blanqueadores, y sólo parcialmente como mejoradores del gluten. Dentro de estos se pueden incluir: cloro gaseoso (Cl₂), dióxido de clor (Cl₂O), cloruro de nitrosilo (NO Cl), dióxido de nitrogeno (NO₂), y tetraóxido de nitrogeno (N₂O₄). Dada la dificultad de aplicacion de estos aditivos, su dosificacion debe ser realizada exclusivamente durante la etapa de produccion de la harina (49).

Los agentes oxidantes o maduradores, se agregan a la harina para que la masa tenga las propiedades reologicas deseadas.

La creencia actual es que los enlaces disulfuro en las moleculas de glutenina dan elasticidad a la masa y la hacen capaz de resistir la expansion y que los grupos sulfhidrilos debilitan la masa, rompiendo los enlaces disulfuro. Se realiza el intercambio de algunos grupos sulfhidril-di sulfuros a medida que la masa se mezcla de manera que las fibrillas de proteina se puedan estirar y alinear para formar el gluten. Sin embargo, una vez que el gluten se ha desarrollado, los grupos sulfhidrilos afectan desfavorablemente a la masa.

Las fuentes de grupos sulfhidrilo en la masa son pequeños peptidos en solubles en el agua.

El efecto mejorador de los agentes oxidantes se atribuye a su eliminacion de los grupos sulfhidrilos no deseados (15).

La adicion de agentes oxidantes mejora la fuerza de las harinas, manteniendo los enlaces intermoleculares de las gluteninas, provocando la formacion de mayor numero de puentes disulfuro.

Los enlaces cruzados pueden formarse por reaccion de otros tipos de compuestos (como aldehidos y cetonas) con los grupos amino de la proteina. El envejecimiento de las harinas mejora su calidad panadera, lo que se ha atribuido, al menos en parte, a la formacion de este tipo de puentes intermoleculares a partir de compuestos carbonilicos originados en la oxidacion de los lipidos (2).

La mezcla de esta masa con oxigeno hace mejorar las características del gluten; este efecto lo atribuyen Hawthorn y Todd a la accion de las

oxidasas de los acidos grasos no saturados y a la toma directa de oxigeno por las proteinas (17).

Hoy en dia la mayor parte de los investigadores estan de acuerdo en que tanto el bromato de potasio como otros oxidantes actuan en varias formas sobre los componentes de la masa como sigue:

1. Accion directa sobre el gluten.
2. Inhibicion de la actividad proteolitica por accion sobre la enzima o sobre el sustrato reduciendo su susceptibilidad.
3. Oxidacion de las sustancias reductoras (48).

En general la accion oxidativa de los maduradores la podemos representar de la siguiente manera:

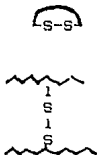
ESTRUCTURA DEL GLUTEN.

Fuentes
disulfuro

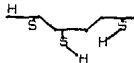
H(+) Adicionados
Reduccion
H(+) Removidos
Oxidacion

Grupo
sulfidrido

DISEÑO ESQUEMATICO.



H(+) Adicionados
Reduccion
H(+) Removidos
Oxidacion



H(+) Adicionados
Reduccion
H(+) Removidos
Oxidacion



NOTA: Las reacciones deben ser en presencia de oxigeno (59).

Nuestra apreciacion de la relacion entre las propiedades reologicas y quimicas y de estructura fisica de la masa es igual de pobre que la relacion entre reologia y calidad. Es de conocimiento general que, las gluten, la estructura de la masa, ademas de proteinas, lipidos son esenciales para las caracteristicas viscoelasticas del gluten. Los tipos de interacciones entre proteina y lipidos que pasan en el gluten son el problema mas intrigante, se supone actuan puentes de hidrogeno inespecificos, fuerzas de Vander Waals, puentes quimicos de enlaces cruzados, entre ellos, las Fuerzas electrostaticas no siendo muy importantes (4).

3.3 Caracteristicas de los diferentes oxidantes utilizados en la industria.

3.3.1 Bromato de Potasio.

Este es un mejorante del tipo de los oxidantes fuertes y su efecto madurador en las masas es muy marcado.

El uso de este mejorador de harinas están tan extendido que frecuentemente se habla de "la reacción al bromato" de una harina. Algunas harinas reaccionan mejor que otras y esto se debe a la condición del gluten de cada harina. Generalmente, si una harina responde favorablemente a un mejorante reaccionará así: mismo favorablemente a los demás del tipo.

Jorgensen (1930) creía que el efecto de los oxidantes como el bromato de potasio se debía a la inhibición de las enzimas proteolíticas presentes en la harina (51).

El bromato de potasio es un oxidante que actúa fundamentalmente en las últimas etapas del proceso de panificación, una vez que las levaduras han realizado su acción fermentativa y que el pH ha alcanzado un valor cercano a 5.5. La oxidación con bromato de potasio es óptima cuando el pH de la masa a alcanzado 5.0 y este coincide precisamente con las etapas iniciales del horneado (49, 59, 54).

La cantidad óptima de bromato disminuye con el aumento de pH de la masa, sugiriendo que la acción de bromato actúa más efectivamente en medio ácido.

Otra manera de aumentar el efecto del bromato, es por adición de agentes compuestos como oxalatos o ácido tetraacético etilén diamina. Probablemente estos reagentes atan iones divalentes o metales pesados que de otro modo podrían tener inhibida la reacción del bromato. El mecanismo de inhibición es de cualquier modo desconocido (4).

El bromato reacciona lentamente en condiciones ambientales normales, pero en presencia de humedad y temperatura tan alta como la del horneado, se activa intensamente formando bromuro de potasio y liberando oxígeno de los sulfidrilos del gluten. Los yodatos y peróxidos trabajan de la misma manera (53, 54, 58).

La lentitud de la reacción del bromato ha quedado comprobada en las experiencias realizadas por Wall y Beckwith (1967) quienes realizando un proceso de panificación tradicional, observaron a través de las determinaciones de grupos tioles, que la mitad del bromato agregado permanecía presente.

En relación con los niveles de aplicación, en nuestro país el Reglamento Sanitario de los Alimentos (1982) permite solo el empleo de bromato de potasio, y a este respecto establece un máximo de 50 ppm en harina de panificación (49). La cocción transforma todo el bromato en bromuro, muchos alimentos contienen bromato en forma de bromuro por lo tanto la adición de bromato a la harina en una concentración parecida a la que tiene esta, carece de importancia toxicológica.

El bromato afecta las propiedades de la masa solo después de un suficiente intervalo de tiempo. Se ha demostrado con el extensógrafo de Brabender, después de la adición de suficiente cantidad de bromato la curva que relaciona la cantidad de bromato en función del tiempo de reacción, cambia de manera ascendente con el incremento de tiempo de reacción. Con tiempos de reacción cortos no se puede mostrar el efecto solamente después de que ha transcurrido tiempos mayores de 1hr de reacción. Generalmente este efecto es más pronunciado al aumentar la temperatura (4, 53).

El bromato reactiva grupos en la cadena peptídica que forma los enlaces cruzados durante su activación. Posiblemente en la masa en reposo estos grupos están separados, distantes unos de otros y reaccionan solo cuando son juxtapuestos por el trabajo de redondeado y formado. La naturaleza exacta de la supuesta reactividad de los grupos y los enlaces cruzados inmoviles no se conoce con certeza, además grupos tiol y disulfuro de enlaces cruzados parecen estar involucrados.

Por medio de métodos analíticos se ha permitido un estudio de el bromato reaccionado en la masa durante el tiempo de reacción. La cantidad bromato disminuye linealmente con el tiempo. Generalmente, la reacción es lenta con harinas a una baja concentración de bromato, hay una relación entre el contenido de cenizas y lípidos de la harina y el grado de reacción del bromato. El mezclado en una atmósfera inerte afecta insignificativamente la reacción del bromato.

La relación entre la cantidad de bromato perdido y los cambios en las propiedades reológicas en la masa, aun no se han podido establecer. Probablemente el bromato está involucrado en una serie de reacciones simultáneas, y no solo una o pocas de ellas afectan las propiedades reológicas.

Existe la suposición de que el bromato actúa oxidando grupos tiol en la masa. Matsumoto y Hlynka encontraron una disminución del 30% del contenido de tiol en la masa después de un exceso de bromato; sobre un mezclado prolongado en oxígeno o aire cerca del 50% de los grupos tiol en la harina desaparecieron. En algunos casos esto no pudo ser confirmado (4).

Tsen ha encontrado que la proteína extraíble en ácido acético aumento considerablemente cuando se agregó bromato y yodato de potasio durante el mezclado de la masa (48, 56).

Tsen determinó dos maneras de aproximar la medida en que se oxidaban los grupos SH de la harina por el bromato en la masa, una es por medio de la determinación de bromato perdido. Este ha empleado la manera de dispersión de la luz que dependerá esencialmente de la cantidad de amilopectina presente. Además Tsen determinó que la oxidación por bromato aumentaba favorablemente en un rango de temperatura de 25-75°C, en donde la oxidación es mayor que con el aire. Otra de sus conclusiones fue que la oxidación con bromato podría acelerar el proceso de fermentación (54).

El efecto del bromato de potasio cuando se encuentra en combinación de ac. ascórbico varía. Existe la evidencia de que el bromato de potasio actúa como fuente suplementaria de oxígeno para el ac. ascórbico. Lo anterior ha sido comprobado ya que el ac. ascórbico actúa como oxidante al ser mezclado con nitrógeno, cuando hay presencia de bromato de potasio en el medio (51).

La adición de 0.3% de bromato y 0.3% de ac. ascórbico mostraron diferentes efectos en la consistencia de las masas dependiendo de la fuerza de la harina. El efecto de la calidad de la harina (fuerza) durante el mezclado y en la consistencia de masa fue considerablemente mayor en harinas débiles que para harinas fuertes, esto fue determinado por Prieda, Hampl y Holas (1969) (57).

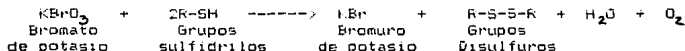
Se han realizado tambien combinaciones de yodato y bromato en un rango de 4:1 el cual resultado dar muy buenos resultados por lo que se utilizo mundialmente en procesos continuos de masas; esta combinacion suministra una accion sinergica de lenta accion del bromato y rapida accion del yodato. Los rangos de oxidacion de grupos SH por estos mejorantes, tienen una influencia como se ha mostrado en las medidas reologicas y datos de cocido, en donde tambien se ha determinado que la azodicarbonamida o el peroxidado de acetona pueden reemplazar o reducir la cantidad de yodato en la combinacion (58).

Para ciertos mercados fuertes, las harinas con bajo contenido de proteina contienen bromato de potasio. Para este mercado en especial los limites permitidos en Estados Unidos por The Original Federal Standard en harinas bromatadas es hasta de 75 ppm de bromato de potasio en harinas que contienen menos del 15% de proteina, vigente en octubre 23 de 1948, pero actualmente The Definition & Standard of Identity de harina bromatada permitio hasta 50 ppm de bromato de potasio en harinas blancas apesar de su contenido de proteina (50). Los molinos frecuentemente adicionan de 1 a 4 mg de bromato de potasio por 100 hg de harina. La norma en Mexico permite hasta 50 ppm. Actualmente existe una tendencia a eliminar el bromato de potasio en la harina.

La mayor diferencia entre el yodato y el bromato es la rapida accion del yodato. Este efecto se puede observar cuando la masa se toma de la mezcladora; un analisis, tan pronto como sea posible despues del mezclado, revela que todo el yodato anadido ha reaccionado. La velocidad de reaccion del yodato puede deberse a que el yodato no requiere de un medio acido como el bromato para la reaccion de oxidacion. Los rapidos cambios en las propiedades reologicas de la masa score la adiccion de yodatos y los lentos cambios con bromato, corren paralelos a los rangos de desaparicion de grupos tiol despues de la adiccion del bromato o el yodato (4).

Para muchos el oxidante quimico mas comunmente aplicado en masas, como contraste con el gas usado por los molinos para este proposito, es el bromato de potasio (51).

La reaccion que presenta el Bromato de Potasio como agente oxidante es la siguiente:



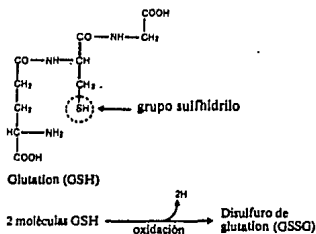
3.3.2 Acido Ascorbico.

El ac. ascorbico o vitamina C como comunmente se le conoce, es probablemente el oxidante mas empleado y permitido en la mayoria de los paises (45).

El fenomeno fisico en la masa tiene una explicacion quimica. Las proteinas en la masa formada se ajustan en una red tridimensional principalmente formada por puentes disulfuro intra e intermoleculares. En la molecula del gluten, los puentes disulfuro estan enlazados por dos moleculas de aminoacido de cisteina.

El tripeptido glutathione (tripeptido sulfurado de cisteína, ac. glutámico y glicina, interviene en los procesos de oxidación biológica en virtud de sus propiedades al ser alternadamente oxidado y reducido (61)), que es un componente natural de la harina de trigo, es oxidado rápidamente a disulfuro glutathione (Ver el esquema).

Glutacion y disulfuro de glutacion



En la masa esto ocurre por medio del intercambio sulfhidrilo-disulfuro entre glutathione y moléculas de gluten. El resultado es una depolimerización y descomposición de la estructura de gluten, con lo que se pierde la estabilidad de la masa (50).

El ac. ascórbico aunque químicamente es un agente reductor, actúa como un oxidante en la masa debido a su conversión a ac. deshidroascórbico por la acción de la enzima ascórbico-oxidasa, presente naturalmente en las harinas de trigo (49). Esta enzima utiliza oxígeno atmosférico, incorporándolo a la masa durante el proceso de mezclado para la conversión del ac. deshidroascórbico. Esta reacción es reversible en presencia de una reductasa deshidroascórbica.

El ac. deshidroascórbico actúa como oxidante, no libera oxígeno como los otros oxidantes, pero absorbe hidrógenos de la materia que va a oxidar. El ac. deshidroascórbico tiene la fórmula $C_6H_6O_4$. Durante su acción oxidativa levanta 1 átomo de hidrógeno convirtiéndose en $C_6H_8O_4$ que es la fórmula del ac. ascórbico. Los grupos sulfhidrilo pierden los átomos de hidrógeno y forman enlaces disulfuro que es su forma oxidada (53); con la acción de la enzima ac. deshidroascórbico oxidoreductasa el ac. deshidroascórbico es reducido a ac. ascórbico (50).

El ac. deshidroascórbico es inestable y se descompone rápidamente perdiendo su actividad. Mucho de este es destruido.

Una manera práctica de prevenir la conversión de ac. deshidroascórbico prematuramente es encapsulándolo (50).

El ac. ascórbico puede actuar de dos maneras según las condiciones, por lo que se puede decir que actúa como un agente "mediador".

1. Como agente oxidante cuando la etapa de amasado se realiza en presencia de oxígeno. Exámenes han mostrado que los mejores resultados se obtienen en una atmosfera que contenga cerca de 30% de oxígeno.
2. Como agente reductor cuando la etapa de amasado se realiza substancialmente en ausencia de oxígeno. Esto ocurre particularmente en los procesos de amasado continuo. En ausencia de oxígeno es imposible la formación de ac. deshidroascorbico (51, 4, 60).

Este acido deshidroascorbico no se emplea directamente como agente oxidante de harinas debido a que es muy inestable, y ademas porque su producción en gran escala resulta antieconomica.

Es por este motivo que la industria de panificación se ve limitada a utilizar exclusivamente el ac. ascorbico. Sin embargo, presenta la ventaja frente a otros oxidantes, de que una sobredosificación no llega a inactivar por completo las enzimas proteolíticas que están presentes en la harina, y que son necesarias para el acondicionamiento plástico del gluten.

La utilización del ac. ascorbico como aditivo en productos de panificación está aceptada por la legislación vigente, pero no se han establecido los niveles máximos de su aplicación. A este respecto, se puede destacar que la FDA de los Estados Unidos acepta hasta un máximo de 200 ppm (47, 53)

The Federal Standard de 1975 no menciona al ac. ascorbico, por eso elimina restricciones y permite su uso bajo la cláusula "otros ingredientes que no cambian la identidad básica o tengan efecto contrario a características físicas y nutricionales". Este es un ejemplo de la filosofía de la Federal Standard que permite el uso de ingredientes alimenticios aceptables con mucha mayor flexibilidad (53).

El almacenamiento del grano y de la harina mejora su calidad panadera, siendo muy complejos los cambios enzimáticos y oxidativos responsables de este mejoramiento. Mediante la adición de ac. ascorbico se puede reemplazar el efecto sobre la harina del periodo de maduración natural de 4-6 semanas.

Se debe determinar continuamente la dosis optima de ac. ascorbico, ya que varia con el tiempo y la mezcla de trigos disponible. Generalmente, antes de moler una nueva cosecha se tiene que disminuir la dosis. En esta etapa, la estructura del gluten sufre un cambio hacia masas de mejor consistencia y estabilidad.

Walsh, Youngs y Gilles, trabajaron con semolinas de cinco variedades de trigos durum puros y los mezclaron con concentraciones de 0 a 200 ppm de ac. L-ascorbico y procesaron el spaghetti, determinando que el pigmento del spaghetti y datos del color mostraron que adicionando el ac. L-ascorbico disminuía la destrucción de pigmentos de la semolina durante el procesado y aumentaba la amarillezidad del spaghetti.

Al intentar reducir la oxidación del pigmento se encontraron con varias maneras de hacerlo, eliminando el aire por el uso de mezcladoras al vacío y extrusoras continuas, las cuales mostraron una reducción de la destrucción del pigmento. Pero no era practico eliminar el aire durante el secado, por lo que la oxidación del pigmento era solamente detenida.

Tratando de reducir la oxidación del pigmento a través de la adición de L-ascorbico a la pasta. Menger adiciono este en varios niveles, con lo

cual mostro que habia una menor oxidacion del pigmento. Matronic y Martinic estudiaron el efecto añadiendo L-ascorbico a la pasta con y sin huevo, sus datos mostraron que añadiendo este a la pasta sin huevo disminuia la perdida de pigmento durante el procedimiento. Eickholz y Riedel reportaron que adicionando L-ascorbico a la pasta con y sin semolina, mejoraba la semolina en la estabilidad de su color durante el almacenamiento reduciendo el color perdido durante el proceso de la pasta, y disminuyendo la pegajosidad en la pasta cocida.

Los resultados obtenidos para este experimento fueron los siguientes:

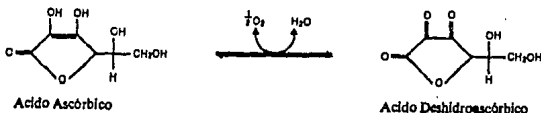
1. El efecto de solvente en el pigmento fue mas pronunciado en cantidades mayores de 10 ppm de ac. L-ascorbico.
2. El efecto fue mas marcado para aquellas variedades de trigo durum con menor cantidad de pigmento y mayor cantidad de actividad lipoxidasica.
3. En el estudio realizado variando concentraciones de sustrato y manteniendo constante la concentracion del acido y viceversa se determino que se trataba de una reaccion de inhibicion competitiva (55).
4. Adicionando de 1 a 10 ppm de ac. L-ascorbico a la pasta mejoraba el color del spaghetti.

Los factores que complican la efectividad del tratamiento con ac. ascorbico son:

1. Contenido de gluten en la harina y calidad de gluten.
2. Contenido de Glutathione.
3. Contenido y actividad de la ac. ascorbico oxidasa y acido deshidroascorbico o sus reductas.
4. Cantidad de ac. ascorbico añadido.
5. Condiciones de proceso (temperatura, metodo y duracion del mezclado), (60).

La reaccion que presenta el ac. ascorbico como agente oxidante es la siguiente (49).

Oxidación del Acido Ascórbico



3.3.3 Azodicarbonamida.

En 1952 Joiner y colaboradores anunciaron el descubrimiento de un nuevo compuesto madurador, completamente estable y con la ventaja sobre otros mejoradores de no aumentar las cenizas de la harina (48).

Este oxidante, por sus características particulares es uno de los mas usados y encontrados en la formulacion de los mejoradores de harinas debiles (56).

Es un agente oxidante de acción rápida muy similar a los yodatos. Normalmente se aplica en el molino, pero no reacciona sino hasta que la harina posee un cierto nivel de humedad, lo cual sucede en la etapa de mezclado y amasado (49).

Su reacción es similar a la del peróxido de calcio, y su efecto es similar al del peróxido. Este compuesto no dona átomos de oxígeno pero en su lugar su efecto está dado por llevar dos átomos de hidrógeno por molécula. La azodicarbonamida es frecuentemente usada en combinación con el bromato en mezclados continuos a niveles de 20 ppm y 45 ppm respectivamente (51, 53).

Al igual que las demás sustancias mejoradoras en polvo, este compuesto no afecta con el reposo la acidez de la harina a diferencia de los gases mejoradores, que con el tiempo pueden cambiar significativamente el pH de la harina. Este cambio de pH puede ser un serio problema en los productos de fermentación con levadura (48).

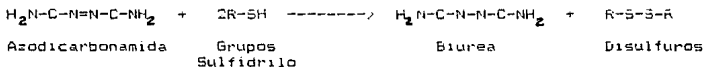
Tsen, citado por Fyler, señala que esta acción se lleva a cabo dentro de los tres primeros minutos de mezclado de la masa, y como resultado de la reacción se produce además biurea.

La azodicarbonamida constituye uno de los aditivos más ampliamente utilizados en la actualidad, debido a su rápida acción, además de poseer característica de alta estabilidad, y de ser compatible con la mayoría de los otros agentes oxidantes con los cuales puede actuar en sinergismo (47).

Experimentos hechos con ratas y perros, han demostrado que la azodicarbonamida, no tiene ningún efecto dañino en la reproducción, comportamiento, crecimiento y metabolismo de estos animales (48).

De acuerdo con la legislación Sanitaria (1982), Artículo 217, azodicarbonamida puede ser utilizada como aditivo de harina de panificación hasta un máximo de 45 ppm, durante el proceso es transformada a biurea que por niveles de ADA en harina no son analíticamente detectables.

La reacción que presenta la azodicarbonamida como agente oxidante es la siguiente:



3.3.4 Yodato de Potasio.

Se caracteriza por ser un oxidante de acción extraordinariamente rápida que actúa incluso a temperatura ambiente. Al igual que los bromatos, desprende oxígeno al ser convertidos en su forma reducida la cadena proteica del gluten.

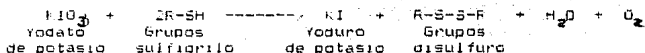
El yodato de potasio, tiene una acción muy similar a la que tiene el bromato. Este actúa a pH más elevados y da una masa algo más seca, que mejora la manejabilidad (51).

Dado el alto poder oxidativo que posee, su adición se efectúa solamente a nivel de la panificación, debiéndose determinar y controlar la dosis a emplear, puesto que los problemas tecnológicos asociados con la sobre oxidación son, en este caso, bastante acentuados.

El reglamento Sanitario (1982) prohíbe el uso de yodato de Calcio como aditivo alimentario, aceptado solo el empleo de la sal de potasio sin indicar sus niveles (49).

Los yodatos son aún utilizados por en algunos casos, pero muchos fabricantes no permiten mucho uso de este porque se ha visto que sería mucho yodo en la dieta que la que realmente se necesita. Jackel reviso esto recientemente e hizo notar que no causa problemas de salud, y en vez de esto podría ser beneficioso nutricionalmente y medicamente, siempre y cuando esta cantidad de yodo pudiese ser eliminada (53).

La reacción que presenta el yodato de Potasio como agente oxidante es la siguiente:



3.3.5 Peroxidos.

Dentro de este grupo destacan: Peroxido de Acetona, Peroxido de Calcio y Feroxido de benzilo. De estos, solo los dos primeros cumplen la función de mejoradores del gluten, limitándose el Feroxido de benzilo a un trabajo exclusivamente de blanqueador.

A) Feroxido de Acetona.

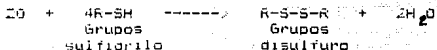
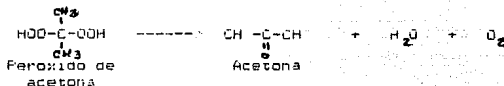
Utilizado desde hace más de 20 años en los Estados Unidos, este mejorador de harina se obtiene por oxidación de la acetona en presencia de peróxido de hidrógeno, produciendo dos formas moleculares: monómeros y dímeros.

La reacción oxidativa del monómero sobre las proteínas del gluten se lleva a cabo en dos etapas. Según se observa en la reacción, la primera consiste en una hidrólisis con formación de oxígeno, y la segunda etapa conforma el proceso mejorador propiamente como tal.

El dímero del peróxido de Acetona actúa en forma similar al monómero, puesto que también debe realizar previamente un proceso de hidrólisis, aunque en este caso su actividad oxidativa en el gluten es mucho más intensa.

En ambos casos, uno de los productos resultantes de las reacciones es acetona, la que no ofrece mayor peligro tecnológico o nutricional puesto que su temperatura de ebullición es de aproximadamente 45°C y, por lo tanto, en la etapa de horneado se evapora sin dejar residuos.

La reacción que presenta el peróxido de Acetona como agente oxidante es la siguiente:



B) Peroxido de Calcio.

Aunque su uso no está considerado por la actual legislación, las investigaciones han demostrado que al igual que los yodatos, el peróxido de es un oxidante muy activo y que puede reaccionar fácilmente, aun a temperatura ambiente.

El mecanismo de su acción es muy similar al de bromatos y yodatos por lo cual se debe tener precaución en el nivel de dosificación (49).

Aunque el peróxido de Calcio es bien conocido por sus propiedades favorables a la oxidación, es también reactivo para uso en preparación de procesos y sistemas de procesos continuos.

El peróxido de calcio encapsulado con almidón se ha convertido en una solución práctica. Ahora es posible agregar peróxido de calcio encapsulado a líquidos, siguiendo inactivo hasta que se forma la masa en la mezcladora. La acción de la fricción en la mezcladora, junto con aumento de temperatura disuelven el recubrimiento y permiten que el peróxido de calcio forme peróxido de hidrógeno y reaccione (50).

Además de sus propiedades oxidantes, el peróxido de calcio aumenta la absorción de agua, facilitando la obtención de masas dociles con excelentes propiedades de manejo (51). Da un mayor secado y da una masa más flexible y elástica (51).

Como información complementaria se puede indicar que la FDA de los Estados Unidos acepta su uso en niveles de hasta 75 ppm (49).

3.3.6 Acido Succinico.

Este es uno de los más poderosos agentes mejoradores conocidos hasta la fecha, pero su alto precio hace que su uso sea prohibido en la industria harinera (48).

3.3.7 Fosfato Disodico.

Este compuesto es también conocido como monohidrógeno fosfato. Reacciona principalmente como agente reductor (61,62).

CAPITULO IV : PASTAS.

4.1 Definición.

-Se entiende por este producto al elaborado por la desecación de las figuras obtenidas del amasado de semolina y/o harina de trigo, agua potable ingredientes opcionales y aditivos permitidos (9).

-Las pastas son productos a base de trigo formados a partir de una masa que no requiere fermentación (27, 11).

-Pastas alimenticias se designan los productos elaborados por amasado de la harina o semolas de trigo duro con agua, en proporciones más o menos variable, en frío o caliente, solas o con adición de otras materias para aumentar su valor nutritivo, darles mejor coloración, aromatizarlas o añadirles algún substitutivo tolerado por las leyes sanitarias vigentes (22).

-El término pasta generalmente está reservado para describir productos que entran en el estilo italiano, de alimentos extruidos como el spaghetti o la lasagna, y son usualmente distinguidos del estilo Oriental, de alimentos cortados y laminados llamados tallarines, elaborados comúnmente con trigos duros en ambos casos (30).

Las pastas alimenticias (fideos) son un producto a base de trigo, formado de una masa no leudada. También, los fideos son clasificados como pastas. Las pastas consisten de harina y agua; fideos orientales son hechos de harina, agua, sal y huevos (43).

4.2 Antecedentes históricos.

El origen y denominación de las pastas alimenticias no se conoce a ciencia cierta, pues circulan numerosas versiones más o menos autorizadas (22).

Se dice que fue China quien inventó las pastas y con Marco Polo el crédito de haberlas introducido a Italia. Para ser más realistas, como quiera que fuera, el origen de los "macarrones" en Italia viene desde hace muchos años atrás en forma, donde daban el crédito a los "dioses" (31).

Por otra parte se dice que el origen de las pastas no es italiano, sino japonés, y que en el siglo XIV llega a Italia a través de Armenia, donde ha alcanzado el máximo desarrollo, favorecido por el clima particularmente propicio de algunas regiones del litoral italiano; así como por el perfeccionamiento del equipo utilizado y por lo tanto el proceso de fabricación.

Muchos documentos llenos de detalles y anécdotas de pasta se han encontrado desde hace siglos, desde los tiempos Greco-Romanos hasta el pasado siglo, y su desarrollo y fabricación en el sur de Italia. Fue aquí, donde las condiciones climatológicas fueron especialmente favorables para

el crecimiento del trigo durum y para el secado de las pastas. La combinación de la humedad de los vientos del sur-este con los del norte, fue ideal para el secado de las pastas. En la actualidad la disponibilidad de las plantas secadoras modernas, hacen independiente la industria de las pastas del medio ambiente, por lo tanto esta industria puede ser efectiva mundialmente (32).

Los productos de pasta, pastas alimenticias y pastas para sopa, son terminos, que describen una gran variedad de productos, dependiendo de la región, o país, de la forma y tamaño de la pasta, así como de los ingredientes adicionales utilizados (27).

Italia, es el país donde la gente consume mayor cantidad de este producto, que en cualquier otra parte del mundo, a razón de 30 kg. por habitante cada año, de modo que se considera un alimento básico del pueblo italiano (29).

En sus principios, las pastas eran elaboradas manualmente, pero este tipo de trabajo se fue substituyendo poco a poco por el mecanico. Las primeras maquinas para el proceso de fabricación de macarrones se originaron a principios del siglo XIX.

En la actualidad, las pastas alimenticias se encuentran difundidas en diversos países del mundo y ello gracias a factores que conciernen tanto a la pasta como a la materia prima. Al respecto se pueden señalar algunas características que han contribuido a tal aceptación mundial:

- Pueden ser producidas en gran número de diferentes formas.
- Adaptación de las pastas alimenticias a diversos gustos, gracias a la facilidad de prepararlas con gran variedad de condimentos.
- Prolongada vida de anaquel del producto.
- Tiempo de preparación corto, comprendido entre el intervalo de 5 y 20 minutos, dependiendo de la forma de la pasta.
- El cereal, el trigo, de que se obtiene la materia prima es el más difundido y de mayor producción en el mundo.
- Alto contenido calórico.

Todas estas características, sirven para explicar el por que los productos macarroneros son consumidos en países de costumbres tan distintas, como por ejemplo Argentina, Japon, Estados Unidos, Francia, Austria, Italia, Mexico, etc. (29).

Las pastas alimenticias son un alimento de alto consumo en todo el mundo, de fácil elaboración y con un tiempo de vida de anaquel relativamente alto (33).

El consumo de pasta alrededor del mundo varia mundialmente. Mientras decrece en algunos países de alto consumo como es Italia, Chile, Suecia, incrementa significativamente en países como España, Este de Alemania, los Estados Unidos de America, Inglaterra, y Japon. Estos cambios en el consumo probablemente son relativos a las condiciones economicas.

La pasta gradualmente va perdiendo esa imagen de mala calidad, y se va haciendo un mercado de alimento mas atractivo para el consumidor. Estos cambios de imagen pueden atribuirse al cambio positivo del consumidor que ve en la pasta cualidades como, versatilidad, conveniencia, economia, sabor y nutricion. La pasta es versatil, en cuanto a su disponibilidad de

encontrarse en numerosas formas y tamaños que pueden ser preparados y servidos con otros alimentos como aperitivos, como plato principal, con ensalada, como sopa o con aderezos, considerándose así como un menú flexible al consumidor. Es conveniente desde que es vendido en muchas formas y a un precio razonable. Por sabor, porque tiene un aroma y sabor relativamente suave, este es complementado por salsas u otros alimentos. Nutricionalmente se considera con una alta digestibilidad, contiene carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas (30).

En México el consumo de estos productos ha ido aumentando, debido a su bajo costo trayendo consigo la dificultad en la disponibilidad y calidad de la materia prima principal, la harina o semola de trigo (33).

En los últimos años, las pastas a tenido el mayor crecimiento de la industria de los cereales. Así, los spaghetti, macarrones y tallarines continúan dominando el mercado de consumo de productos de pasta. El crecimiento de esta industria se debe a las innovaciones en la tecnología de los procesos de extrucción, dando nuevas oportunidades de desarrollo en productos de conveniencia como son los "instantaneos" y los de "rápido cocimiento, que rápidamente se rehidratan sin necesidad del cocimiento tradicional.

La reciente comercialización de bajo costo, eficiencia energética, altas temperaturas y tiempos cortos, procesos de extrucción de helice, han facilitado el desarrollo industrial de productos de pasta pregelatinizada (42).

4.3 Materias primas empleadas en la fabricación de pastas para sopa.

Los macarrones y otras pastas secas están hechos de una masa de agua con harina que se ha extruido en formas características una vez que la masa se ha secado. Los productos de alta calidad se hacen de endospermo fragmentado (denominado semolina) de trigo duro pastero, aunque en ocasiones se utiliza trigo para pan para elaborar estas pastas secas (15).

Del tipo y calidad de las materias primas, la proporción en que se combinen y la forma en que se procesen dependen las características del producto obtenido.

La calidad de las pastas alimenticias depende esencialmente de la bondad de las harinas adquiridas para este objeto y del agua de que se dispone, que ha de ser lo más pura posible.

4.3.1 SEMOLLA

Muchos creen que la semolina durum es el producto de harina cruda ideal para pastas. El grano de trigo durum es especialmente duro y causa que la semolina producida en las molindas purificadas produciendo buenos rendimientos. La harina durum tiene una gran cantidad de fecula de almidón dañada que no da la calidad de semolina debido al problema de poca resistencia a demasiada cocción.

La calidad y cantidad de gluten en durum es mínima y más débil, condiciones ideales para el primer mordisco (llamado "al-dente") y resiste las roturas y quebraduras en el agua. A veces, dictado por la economía, se mezcla harina de trigo duro con semolina para producir pastas, pero este

producto es pálido y de menor calidad, propenso a demasiada cocción. El agua es usada para hidratar la semolina y permitir procesamiento (43).

La semola es el producto obtenido de la molienda del endospermo del trigo durum (32). Este producto es granular, de color amarillo-amar y tiene una estructura vítrea (27).

Algunos Factores que se toman en cuenta para la obtención de semolina a partir de trigos duros son:

a) Prueba de peso: el peso es un importante factor, no solo para la molienda de semolina, sino para cualquier molienda de trigo. El peso esta interpretado como una medida de solidez del grano. Completamente maduro, granos gordos, libres de daño por enfermedades o por causa del medio ambiente. Pruebas de laboratorio indican que el rendimiento de semolina esta correlacionado con la prueba de peso.

b) Tamaño de grano: generalmente se reporta como el peso por 1,000 granos, el tamaño del grano es reportado y relacionado con el rendimiento de semolina. Como se puede notar esta prueba va relacionada con la prueba anterior (4, 30).

c) Vitreosidad: los granos vitreos son sinonimos de trigos duros los cuales son deseables para la producción de semolina, ya que granos con apariencia blanca, almidonosa, u opaca son considerados indeseables para la molienda de semolina, debido a que disminuyen la producción de semolina pulverizandose con mayor rapidez.

d) Contenido de proteína: el contenido de proteína es un importante factor en la calidad de todos los trigos. En los trigos usados para la industria de las pastas estos deben de contener un alto porcentaje de proteína cerca de un 13 %; menos de un 11 % es considerado como un producto pobre. Los rangos en proteína de los trigos durum comerciales son de 9 a 18 % mucho mas altos que los trigos comunes.

Actualmente se sabe que la cantidad y calidad de las proteínas son de importancia en el proceso del cocimiento de las pastas (36).

Niveles altos de proteína o gluten húmedo estan asociados con una mejor calidad en el producto final, reflejado en el cocimiento de la pasta. Las semolas con un alto porcentaje de proteína poseen un número mínimo de partículas de almidón lo cual durante la hidratación y mezclado nos ofrece productos físicamente fuertes que se hinchan adecuadamente durante el cocimiento, con poca liberación de residuos o sedimentos en el agua de cocimiento. Por otro lado, semolas de baja calidad o bajo contenido de proteínas, y especialmente aquellas procedentes de trigos comunes o mezclas de trigos comunes rinden productos deficientes en características tales como resistencia y firmeza al cocimiento. A niveles muy bajos de proteína en la semola (9 a 10 %), la hidratación es lenta y la absorción se incrementa, con lo cual se hace necesario prolongar el tiempo de mezclado. Estos productos, después del secado, son normalmente mas frágiles y con características de cocimiento pobres.

e) Contenido de cenizas: una semola con un porcentaje de extracción del 54%, tiene un contenido de cenizas promedio del 0.55 a 0.75 % (14 % B.H.), dependiendo tanto del tipo de trigo como de la eficiencia de la molienda. Si el contenido de cenizas es mayor, esto nos indica una extracción mayor o

una baja eficiencia en el proceso de molienda. Bajos contenidos de ceniza pueden indicarnos que la semola no procede de trigos durum o bien que estan mezclando con trigos comunes (27).

4.3.1.1 Produccion:

Los mejores trigos para la produccion de semola son los trigos cristalinos, en los cuales el aspecto es normalmente vitreo. Cuando se utilizan trigos total o parcialmente harinosos el valor de la semolina fabricada disminuye por dos razones: el rendimiento en semolina es menos elevado, y la presentacion y costo de esta se ven aminorados por la presencia de granulos blancos, no transiucidos.

El trigo duro usualmente es molido tanto en forma de semolina granular como de harina; la semolina de T. durum como harina de patente es similar a la molienda de harina convencional. La molienda de semolina es unica en cuanto a que el objetivo de la operacion es separar granulos medianos, que pasen a traves de la malla No. 20 con un maximo del 3 % de produccion de harina.

Para separar trigo duro en forma de semolina son necesarios algunos pasos.

- 1o. El trigo es limpiado para remover toda la materia extraña.
- 2o. En seguida es temperado mediante la aplicacion de humedad a la parte externa del grano. Temperado a un contenido de humedad de cerca del 16 %, se endurece la semilla y tanto los pelos como el salvado pueden ser raspados del endospermo durante la molienda.
- 3o. Molienda. A diferencia de los molinos convencionales de harina, los molinos para semolina no contienen rodillos reductores, solo son usados rodillos rompedores corrugados, los cuales parten el trigo en particulas gruesas; otros rodillos posteriormente cruzan el trigo y raspan la porcion de endospermo del salvado. Si el cereal ha sido correctamente temperado la parte interior puede desmenuzarse en granos regulares mientras el salvado y el germen permanecen como hojuelas las cuales pueden ser facilmente removidas por tamizado que separa las grandes laminillas del salvado y la harina de la semolina, mientras purificadores neumaticos separan la harina remanente y pequenas particulas de salvado (29).

En paises como la India se lleva a cabo el proceso de tostado de la semolina para la preparacion de productos dulces, ya que mediante este proceso se confiere al producto ademas de una consistencia deseable el sabor caracteristico. En estudios realizados sobre este proceso se determino que durante el proceso ocurrian cambios fisico-quimicos en donde ocurría una disminucion de grupos amino libres solubles en agua (38).

Las harinas durum se caracterizan por su elevada cantidad de pigmentos (b-carotenos), proteina, almidon dañado y actividad diastasica. El agua absorbida es significativamente mayor, esto se atribuye a la cantidad de almidon dañado. El 60% de extraccion reportado tiene un contenido de cenizas de 0.55 a 0.75%, esto depende de la eficiencia de la molienda (37).

El grado de extraccion es un parametro muy importante en la elaboracion de pastas. Se ha determinado que cuando la extraccion es del 50-50% el producto elaborado tiene mejores caracteristicas que el elaborado con una harina con un rango de extraccion del 70-80%, (Este estudio se

realizo en especifico en tallarines) (39).

En el proceso de molienda de los trigos duros, puede producirse harina, pero generalmente es de menor valor que la semolina. Esta se emplea para hacer tallarines, pero puede tambien ser empleada para la elaboracion de pastas; la harina obtenida de trigos duros generalmente da excelentes productos, excepto que estos no son tan resistentes al cocimiento como los elaborados con semolina.

4.3.1.2 Composicion quimica.

La composicion de las semolas varia evidentemente, de acuerdo a la naturaleza y calidad del trigo, pero se estima que las semolinas de buena calidad deben tener una composicion semejante a la que se muestra en la tabla No. 14.

TABLA No. 14

Composicion de semolinas consideradas de buena calidad
para la elaboracion de pastas para sopa.

COMPONENTE	%
Humedad.....	12.0
Proteina.....	11.5
Grasas.....	1.6
Cenizas.....	0.6
Acido fosforico.....	0.048
Proteina soluble.....	0.22
Acidez.....	0.04

La composicion quimica de la semolina es similar a la del endospermo, puede ser considerada bajo cinco componentes:

a) Compuestos no nitrogenados. El almidon constituye cerca del 60 a 70 % de semolina; el almidon juega un papel muy importante en los cambios de agua que tienen lugar durante el proceso industrial entre semolina y el medio ambiente. Porque a una alta higroscopicidad el almidon absorbe cerca de un 36 % de agua a 21°C y en presencia de una humedad relativa alta. La gelatinizacion del almidon empieza a una temperatura entre los 65 y 75°C. Durante la fabricacion de pasta, el almidon experimenta una hidrolisis debido a la α - y β -amilasa que estan presentes en el grano de trigo y por lo tanto en la semolina. La hidrolisis del almidon tiene un efecto positivo en la pasta, proporcionando un sabor dulce a la pasta.

Otros compuestos no nitrogenados que estan presentes en la semolina en relativamente pequeñas cantidades son: sacarosa(0.2%), glucosa(0.1%), fructosa(0.6), dextrosa(0.2%).

b) Compuestos nitrogenados: el gluten se encuentra en mayor cantidad y en pequeña cantidad globulinas(0.6-0.7%), albuminas(0.3%), proteasas(0.3), por lo que el contenido de proteina en la semolina consiste esencialmente en la glutenina y gliadina (componentes del gluten).

Los factores que influyen en la formacion del gluten son:

1) concentracion natural de iones (por ejemplo Na^+ , Ca^{+2}) en el agua de la masa. El contenido de minerales en el agua ayuda a la aglomeracion, pero un contenido excesivo de sales ;podria causar una pasta frágil.

2) actividad de las enzimas de la semolina. Las Proteasas incrementan la formación del gluten.

3) pH en la masa. El pH juega un papel muy importante en la interacción gliadina-glutenina, dentro de un rango de pH 6.6, punto isoeléctrico de la gliadina y pH 5.3, punto isoeléctrico de la glutenina.

c) Lípidos: el contenido de lípidos es irrelevante cuantitativamente, y depende del contenido de germen en la semolina. La semolina contiene cerca de 1.0-1.5% de lípidos.

d) Minerales: La semolina de trigos duros contiene diferentes minerales en diferentes cantidades. Siempre presenta potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, manganeso y aluminio combinado con carbonatos, sulfatos, fosfatos, cloruros y silicatos, puede encontrarse zinc, cobre, yodo, vanadio, cobalto, etc. El contenido total de minerales en la semolina de trigos durum, generalmente se encuentra entre 0.9 y 1.0 %.

e) Elementos biodinámicos: a) Vitaminas, como tiamina (aproximadamente 1mg/100g) y riboflavina (aproximadamente 0.1mg/100g). b) Enzimas, proteasas, amilasas, lipasas y lipoxigenasas que afectan directamente en la industrialización de las pastas, por esta razón su actividad debe ser controlada (32).

4.3.1.3 Diferencias entre el trigo panadero y el trigo duro:

Trigo panadero

- Mejora su calidad con el tiempo (como trigo)
- Son hexaploides.
- Son de primavera.
- Son de color ambar, blancos con endosperma translúcido que le da la apariencia ambar.
- Contienen baja cantidad de pigmentos carotenoides.
- De gluten fuerte, ideal para la elaboración de pan.
- Es suave
- Al reducirse a harina el almidón no es muy afectado.
- Las pastas elaboradas con este tipo de trigo son inestables al cocimiento, tienden a desintegrarse en la ebullición rápida

Trigo duro.

- Deteriora su calidad con el tiempo debido a que los pigmentos naturales del trigo son destruidos por oxidación por lo que este trigo debe ser empleado después de la molienda.
- Son tetraploides.
- Son de invierno.
- Se conocen rojos, pero son generalmente usados para alimentación animal.
- Contiene alta cantidad de pigmentos carotenoides que dan el color amarillo a la pasta, (esto es de gran importancia para la aceptación de las pastas), aproximadamente el doble del trigo común (4).
- De gluten muy débil, por lo cual no sirve para la elaboración de pan.
- Probablemente su mejor característica es su dureza.
- Al reducirse a harina, por la dificultad del proceso, el almidón es dañado severamente (29,11).
- Presentan estabilidad al cocimiento y mayor resistencia a la ebullición.

- damente (4).
- Contenido de cenizas de la harina es menor que el caso de los trigos durum.
 - Contiene menor cantidad de azúcares reductores en comparación con las harinas durum.
 - Pastas elaboradas con semolina de estos trigos de una calidad baja en general en pastas.
 - Contenido de cenizas en la harina es mayor que el de las harinas panaderas.
 - Contiene mayor cantidad de azúcares reductores en comparación con harinas panaderas (37).
 - Pastas elaboradas con semolinas de estos trigos de una calidad elevada en general en pastas (41).

4.3.2 Agua.

Es necesario poner mucha atención al escoger el tipo de agua que se va a emplear, ya que esta puede causar muchos problemas durante el proceso y por lo tanto impartir cierta calidad al producto terminado (32).

El agua como materia prima empleada en la fabricación de pastas para sopa, debe estar sujeta también a parámetros que permitan la obtención de productos de buena calidad. Para ello es indispensable que el agua sea limpia, incolora, inodora, debe ser neutra y su dureza total no debe ser mayor de 30° hidrométricos.

Las sales que el agua pueda contener son: de calcio, de sodio, de magnesio en forma de carbonatos y bicarbonatos, los cuales proporcionan cierto carácter alcalino al agua y cuando se encuentran en exceso, producen un precipitado polvoroso de mal aspecto y que a la vez da un color oscuro a la pasta.

Debe evitarse al máximo la presencia de cloruros de sodio o de magnesio debido a la higroscopicidad de estas sales, la cual puede ocasionar problemas durante el secado haciendo que la pasta tenga una cierta tendencia a retener la humedad que puede causar fracturas o desmoronamientos en el producto; por otra parte, el cloruro de magnesio confiere ciertos sabor amargo a la pasta.

Las sales de hierro tienden a oscurecer el producto.

El contenido de materia orgánica es muy perjudicial a la pasta y no debe exceder de 40 mg/litro.

Se debe evitar en lo posible la utilización de aguas que pueden ser fuentes de fermentaciones ácidas o putridas con producción de nitritos y amoníaco, que también son índices de la probable presencia de un gran número de microorganismos, quienes encontrarán condiciones favorables a su desarrollo durante el amasado. La acidez producida por estos microorganismos puede atacar a los moldes (22, 29).

La temperatura del agua utilizada en el mezclado es importante, se utiliza de 40 a 60°C. Temperaturas mayores se utilizan con harinas o semolinas de trigos duros, obteniéndose una masa más suave que la elaborada con agua fría y se extruye más fácilmente (33).

Los mejores resultados en la elaboración de pastas se han dado con aguas con las siguientes características: 30° de dureza; bajos niveles de

iones de sodio, magnesio y cloro; la mas bajo posible concentracion de sales de hierro; residuo despues de la evaporacion no excedente de 400-500 mg/litro, y composicion de carbonatos de Ca y Mg 160-200 mg, sulfatos 70-90 mg, silicatos de 25-30 mg, cloruros de 5-10 mg (32).

4.3.3 Ingrédients opcionales.

En la elaboracion de pastas alimenticias ademas del agua y la semolina o harina, se pueden utilizar otros productos que ayuden a mejorar el color, el valor nutritivo, o simplemente le confieran un sabor deseado (33). Es decir se adicionan con dos objetivos: gastronomico y nutricional.

Para fines gastronomicos, productos de origen vegetal son los adicionados con mayor frecuencia con el fin de producir efectos positivos en el sabor de la pasta.

Para fines nutricionales son varios los productos que pueden ser adicionados, dependiendo del objetivo especifico:

a) Para un enriquecimiento proteico se emplean ingredientes tales como solidos de leche, huevo entero o solidos de huevo (este es uno de los más usados desde hace mucho tiempo, este aparte de su valor nutritivo, produce un color amarillo brillante y ayuda a la integracion de la harina y el agua. Se puede emplear en forma fresco, congelada, deshidratada o únicamente la clara del mismo (33)), proteínas de origen animal harinas de leguminosas; levaduras o hidrolizados de levadura y gluten de trigo (34).

En la actualidad existe una gran tendencia a la adición de fuentes de proteínas animales y vegetales para fortificar el valor nutricional de las pastas (33). La utilización de un aislado de proteína de pescado es un ejemplo. Con este respecto se han realizado estudios en donde se ha determinado que con un 3% del aislado de proteína aumentada la calidad en general de la pasta, es decir comparando los tallarines de baja cantidad de proteína con los de elevada cantidad de proteína estos son fuertes in terna y externamente es cuando se cocen. Rang et al opino que en parámetros de textura de los tallarines, no hay diferencias marcadas entre los tallarines cocidos con harina de trigo y harina compuesta con 3 a 5% de concentrado de proteína de pescado. En estudios de hidratación se observo un comportamiento en la misma magnitud que la albumina de huevo (40).

b) Para reducción de carbohidratos lo mas común es adicionar cantidades extras de proteína.

c) Para reducción de proteína, la pasta puede ser hecha a partir de almidon junto con agentes ligantes no nitrogenados tales como alginatos, carboximetilcelulosa y otras gomas vegetales (32).

4.4 Proceso de elaboracion de pastas.

La fabricacion de productos de pasta, era antes considerada como un arte y ahora es tecnologia científica. Esta abarca mezclado de ingredientes, adición de humedad, preparacion de una masa propia, formacion de las diferentes formas, secado, empaquetado y distribución (45).

Evidentemente, desde que se tiene noción del inicio de la elaboración de pastas para sopa, se han empleado diferentes métodos para cada operación del proceso; en lo que se refiere a dar forma a la pasta, por ejemplo, estos van desde los métodos 100% manuales, prensa de mano, pasando por un gran número de modificaciones, hasta llegar a las prensas automáticas continuas actuales y a la industrialización de vacío en algunas etapas de la fabricación.

El proceso para la fabricación de productos de pastas es en apariencia, sencillo. La semola es llevada hasta una humedad del 31%, la mezcla es amasada hasta obtener una masa homogénea y posteriormente es extruido a través de un dado, el cual le va a dar una forma definida, el producto se seca hasta un nivel del 12 al 17%, para finalmente ser empacado (27,34).

Productos de spaghetti y macarroni son elaborados usando un 31% de agua y 69% de semolina. La variación es muy limitada a causa de la cantidad de ingredientes y la fluctuación mínima de semolina (43).

Es necesario que toda semola o harina empleada en el proceso este exento de materia extraña como pelos o pelusas de los sacos que las contiene, pequeños pedazos de madera, trozos de etiquetas, grumos de la misma semola, etc. La eliminación de tales partículas se lleva a cabo, en la semola por medio de máquinas tamizadoras, cuyas mallas deberán tener el calibre adecuado al tamaño de la materia prima empleada.

En la actualidad no es fácil obtener semolas del mismo tamaño de partícula y si lo que se desea es obtener un producto uniforme se hace necesario mezclar semolinas o harinas de diferentes grados en las proporciones concernientes, a fin de obtener las características de uniformidad requeridas en la materia prima ya que es de desearse una granulación uniforme de la semola para la obtención de una buena mezcla (29).

4.4.1 Dosificación.

Es de especial importancia que la cantidad de semola y agua alimentada en la mezcladora o amasadora, se mantengan constantes.

La dosificación dentro de la máquina puede nacerse con una báscula automática que es llenada con la cantidad adecuada a la capacidad del mezclador por medio de un sinfín que conduce el material desde los depósitos que lo contienen (29). Tanto la semola como la harina se miden por volumen y prácticamente todos los mecanismos se llevan a cabo por conductores de tapetes, tornillos, vibradores y válvulas rotatorias. En general, podemos decir que los sistemas de alimentación para medir la semola por volumen son los mecanismos más comunes y simples.

El agua es dosificada por volumen usando tanques provistos con escala y termómetro. Lo más recomendable es llenar con semolina o harina el mezclador posteriormente agregar el agua requerida, a fin de tratar de evitar que la mezcla se pegue a las paredes y brazos del mezclador al ser salpicados con el agua.

Para la alimentación del agua al amasador, se puede hacer por cualquier bomba rotatoria, de pistón o de engranes. Es necesario que un tanque de agua se mantenga encima del alimentador con el fin de asegurar que el agua del sistema de medición permanezca constante. La dosificación del agua y

semola estan interconectados, de tal manera que cuando falle cualquiera de los dos, el otro pare automaticamente (27).

4.4.2 Mezclado y amasado.

Esta fase es de suma importancia ya que es de la que depende la buena marcha de todas las siguientes operaciones del proceso y es aquí desde se deben hacer todas las correcciones, si es que son necesarias en lo referente a la dosificacion de materia prima.

La distribucion uniforme del agua con la semola no se logra en el mezclador sino en la fase de amasado (29).

La semola, con una humedad inicial del 12-14 %, es llevada con el agua de amasado hasta alrededor de un 31%. Existen factores que determinan la proporcion adecuada de agua para adicionar a la semola, ellos son: la variedad de trigo de la cual proviene la semola, calidad del gluten, contenido de proteina y tamaño de particula a granulometria de la semola. Para la misma semola varia la cantidad de agua dependiendo del tipo y la forma de la pasta, los aparatos destinados a dar esas formas, así como el sistema de secado (27).

Cuando el mezclado es apropiado, la masa toma formas redondas de una pulgada de diametro. Mucha agua resulta dar formas redondas mas grandes o una masa solida. poca agua produce pequeñas formas redondas de menos diametro. El mezclado de la masa para fideos es efectuado en una mezcladora hermetica o bajo vacio. No es bueno tener aire en la mezcladora y en la masa por dos razones. Primero, mientras la masa pasa por la extrusora, el aire es retenido en la masa del fideo. Cuando la masa del fideo sale de la maquina, burbujas de aire aparecen en el fideo. Estas burbujas debilitan al fideo y le dan una apariencia opaca y no atractiva. La segunda razon tiene que ver con una enzima llamada lipoxigenasa. Esta enzima actúa como un agente de blanqueo cuando es combinada con acidos grasos libres y oxigeno. Toda la harina de trigo tiene un cierto contenido de lipoxigenasa, pero durums son seleccionados porque tienen una minima cantidad de esta enzima. Entonces, para prevenir el blanqueo y la perdida del deseado color amarillo, no es permitido que la masa sea accesible al oxigeno (43, 11, 30 32, 34).

La finalidad del amasado es formar una red "glutinica", lo cual se puede realizar gracias a la hidratacion de las proteinas y el almidon de la harina. Se considera que durante el amasado se forma una red de proteinas y de glicolipidos en torno a los granulos de almidon, los cuales ya sufrieron en la superficie un inicio de gelatinizacion y liberacion de amilasa.

El amasado puede llevarse a cabo con agua caliente (40-60°C) o fria (15-20°C), dependiendo principalmente de la granulacion mas que de la calidad del gluten, puesto que los granulos mas pequeños absorben mas rapidamente el agua favoreciendo un mezclado corto. Generalmente, se recomienda una temperatura entre 35 y 40°C., dependiendo tambien de la velocidad de amasado. Con la recomendacion anterior se logra una buena hidratacion y a una buena velocidad, se logra un color firme, así como una textura adecuada. Una temperatura menor del agua significaria que el equipo trabaja mas forzado, en tanto que una temperatura mayor implicaria un paso de secado mas dificil de controlar y posible fermentacion e incluso formacion de hongos (27)

De acuerdo a Renaudin; un rango de temperatura del agua de entre 50 y 70°C es suficiente para la preparación de pastas suaves con agua caliente en base las siguientes razones:

- Obtención de una pasta más fuerte que puede trabajarse más rápidamente.
- Las pastas obtenidas son más lisas y transparentes, al contrario de las duras elaboradas con agua fría que son más blancas.
- La obtención de una mayor eficiencia en la primera ventilación después del moldeado, debido a que el enfriamiento estabiliza la pasta de la superficie por un ligero endurecimiento (29).

Este paso es de importancia tal que en caso de no ser correctamente realizado, es el causante de la formación de "puntos" y defectos tales como opacidad en la superficie de la pasta, mala textura y suavidad. Ahora bien, el vacío es importante en el amasado por los efectos producidos, tales como la extracción de color debido a la eliminación de burbujas, un mayor intercambio osmótico, mayor brillantez y transparencia en el producto terminado, además de una reducción de las pérdidas de pigmentos.

Actualmente, se pueden encontrar en el mercado varios tipos de construcciones de mezcladores. Una de las más eficientes, es el de doble flecha con paletas onduladas y alternadas. Para prensas arriba de 1500 kg/n de capacidad, se recomienda un mezclador de alta velocidad. En este tipo de mezclador las materias primas se mezclan instantáneamente y uniformemente y el mezclador sirve entonces como conductor para dar a las partículas de semola el trigo necesario para absorber el agua (27).

4.4.3 Extrusión.

La masa es transportada por una barrena (tornillo) donde es amasada mientras va a la extrusora y matriz. Esta presión aumenta la temperatura. Las chaquetas de enfriamiento son necesarias para mantener la temperatura de la masa a menos de 45°C. Debido a las bajas temperaturas y humedad, la apariencia del producto que es extrudado cambia muy poco (40).

El proceso conocido como extrusión tiene como objetivos específicos formar una masa más homogénea, (masar) estabilizar la red "glutinica", incrementar la plasticidad de la masa y desarrollar la presión necesaria para extruir la masa y desarrollar la presión necesaria para extruir la masa a través del molde.

Los procesos modernos de extrusión se realizan con un gusano de extrusión de acero inoxidable, generalmente enchaquetado para disminuir la temperatura durante la operación. Dependiendo de las condiciones particulares, la presión desarrollada por el sinfin es aproximadamente de 90kg/cm² (27).

Los materiales de las matrices afectan las características de cocción del producto. El bronce da una superficie aspera, produciendo a una mayor penetración de agua durante su cocción y por lo tanto, periodos de cocción más cortos. El Acero inoxidable y teflon ofrecen una superficie muy lisa, reduciendo la penetración del agua y aumentando los periodos de procesamiento (43, 11).

Es hacia el final del extrusor cuando se realiza la laminación u orientación de moléculas.

Durante la estacion del tornillo, el alabe impulsa la masa hacia delante y en forma circular. El amasado adecuado se obtiene por la relacion de longitud a diametro de gusano. Con el fin de evitar que la masa gire con la longitud del tornillo, se encuentran estrias dentro de la camisa del cilindro o chaqueta y el espacio recorrido entre alabes es liso.

Las prensas actuales tienen un sistema de rocío el cual proporciona las siguientes ventajas:

- 1) Elimina las burbujas de aire dando pastas de estructura más compacta con una gravedad específica mayor y son en general más resistentes a la deformación.
- 2) Mayor suavidad en la superficie.
- 3) El color que desarrollan los productos es más amarillo y además son transparentes.

4.4.4 Moldeo.

El objetivo que se persigue con el moldeo es el de producir un formato o figura deseado por medio de un premolde y molde. El material más utilizado en la fabricación de moldes es el bronce, debido fundamentalmente a su menor costo y mayor conductibilidad de calor, sobre todo comparado con los de acero inoxidable. Usualmente algunos de ellos utilizan pastillas de teflon intercambiables.

Posterior al moldeo del producto en la figura deseada, este es cortado al tamaño deseado por medio de un sistema de cuchillas generalmente acopladas a una flecha giratoria cuya velocidad se puede variar por medio de un motor variador. El corte del producto se acompaña de una ligera ventilación con el fin de evitar que se adhieran los formatos entre sí. La pasta ya moldeada tiene un promedio de humedad aproximada de 31%.

4.4.5 Secado.

El contenido de humedad de la pasta al salir del molde y ser cortado es de alrededor del 27-30%. Para obtener un producto terminado de buena calidad se requiere, entre otras cosas, bajar dicho contenido hasta niveles del 12-13%.

Los objetivos fundamentales del secado son:

- a) Disminuir la actividad enzimática.
- b) Estabilizar la calidad del producto.
- c) Darle resistencia a la estructura para evitar el rompimiento.
- d) Adquirir transparencia y brillantez.

Para conseguir lo anterior, el proceso de secado suele dividirse en tres fases:

1) Presecado: En esta etapa se elimina agua de las capas superficiales del formato. Están implicadas temperaturas de 50-60°C y humedad relativa alta (80-90%). El contenido de humedad en esta fase llega a niveles de alrededor del 20%, después de una hora de proceso.

2) Revenimiento: La finalidad en esta fase es alcanzar un equilibrio entre la humedad interior y exterior del formato. En este punto, la velocidad de migración del agua ha disminuido, a diferencia del presecado donde es más rápida la pérdida de agua.

3) Secado final: Concluido el revenimiento es indispensable eliminar el

contenido de agua hasta un nivel del 12-13% y estabilizar el producto en dicho porcentaje, como paso final para la salida del producto.

La operacion de secado suele llevarse a cabo, para ciertos formatos, en secadores de varios pisos, generalmente cinco, para lo cual los primeros se toman para el presecado. A lo largo de estos pisos o tuneles la pasta es transportada en tapetes de nylon en capas de aluminio que giran sobre rodillos sostenidas en varias cadenas. La velocidad de cada piso puede variar, segun las necesidades que se presenten.

La pasta, al recorrer los pisos del secador, pasa sobre grupos de ventilacion, los cuales suministran aire caliente. El revenimiento consiste en aplicar ventilaciones alternadas a lo largo del primer piso, con lo cual se tiene un secado mas uniforme. Hacia el final del secador, la pasta tiene un periodo de estabilizacion, en donde equilibra los gradientes de humedad existentes, con el objeto de quedar lista para el enrasado.

Los formatos que salen del secador con una humedad final especifica estan aun calientes y el agua remanente crea una cierta tension de vapor.

Si la tension del vapor en el aire circulante del medio es mas baja que la del producto, el producto eliminara humedad y "continuara secandose", provocandose asi, agrietamiento.

A mayor diferencia entre la temperatura de equilibrio y la temperatura real, mayor es la posibilidad de que el producto se agriete. Esta diferencia junto con las tensiones existentes en el producto determinaran siempre el comportamiento durante el almacenamiento (27).

Si el secado es muy rapido el producto puede cuartearse, dandole al producto una apariencia opaca y disminuyendo su fuerza. Por otro lado si el secado es lento tambien causa problemas, las pastas largas (como el spaghetti) se extienden por su propio peso (11).

Algunos factores que intervienen son:

a) Ambiente muy humedo:

-Puede causar un incremento de humedad en el producto y crecimiento de hongos si es excesivo.

-Puede provocar que el producto sea agriete.

-Puede causar condensacion en el area y por lo tanto problemas de sanidad.

b) Ambiente muy seco:

-Puede sobreesecar el producto y provocar perdidas de peso.

-Puede provocar agrietamiento en el producto.

El tratar de mantener un clima dentro del rango de equilibrio de humedad dara resultados satisfactorios, por ejemplo, elegir una humedad ligeramente mas baja en la descarga durante el invierno es conveniente ya que es cuando mas dificulta mantener una humedad relativa alta, no asi durante el verano (27).

Se han realizado estudios sobre nuevos procesos de elaboracion para nuevos productos de pastas instantaneas o de cocimiento rapido como es el proceso de utilizacion de altas temperaturas en tiempos cortos (HTST).

Linko et al.(1981) ha escrito articulos concernientes a la aplicacion on de HTST en procesos de extruccion para cereales, informacion

especifica concerniente a la producción de pastas de cocinado rápido o instantáneas en donde la utilización de este sistema es limitado.

Ha habido otras técnicas de producción para este tipo de productos de pastas instantáneas o de cocimiento rápido. Con un extrusor de laboratorio, Tsao et al. (1976) desarrolló un spaghetti instantáneo formulado con harina de arroz comercial; el tiempo de cocinado en ebullición en agua alcanzó sus características de textura óptima excediendo los 9.0 min. De acuerdo a Hoskins (1970), la armada de los Estados Unidos desarrolló un método de secado rápido usando calor radiante y cintas transportadoras vibratorias para crear una pasta de cocinado rápido para raciones militares, pero el proceso nunca se comercializó. En Europa y Asia el proceso de pregelatinizado de pasta y tallarines instantáneos tiene la ingeniería convencional de extruido o laminado, exposición directa del material a ebullición en agua, vapor o energía de microondas para cocinar completamente el producto con prioridad a rehidratación o sumergiendo en grasa (42).

4.5 Calidad en pastas.

La calidad de la pasta es juzgada por el proceso y ultimadamente por el consumidor. El proceso de secado de la pasta se realiza con el objetivo de tener un producto final estable microbiológicamente, aparentemente visualmente, y con una elasticidad y fuerza suficiente para resistir daños de rotura durante el cortado, empaquetado, manejo y embarque. El consumidor desea un producto que este libre de estreñaduras y que las piezas no estén hechas añicos, de otro modo, que sea atractiva con calidad en apariencia, en el cocinado y al comerse. Los procesos de pastas refrigeradas y enlatadas requieren un producto que resista el rigor del cocinado de la retorta y refrigerado. En muchos casos no importa la forma de la pasta, sino la aceptación del consumidor (30).

Los parámetros evaluados para determinar la calidad de los productos de pasta son: a) color, b) resistencia de la pasta a la ruptura, c) calidad de cocimiento de las pastas.

a) Color.

Los productos de pasta deben tener aspecto transparente, suave y libre de burbujas, el color varía de amarillo intenso a café oscuro o a un blanco grisáceo, dependiendo de la calidad de la harina o semolina.

Una pasta de color amarillo intenso se obtiene de semolina con un elevado contenido de carotenos y una baja actividad lipoxidasa, que ha sido molida a un grado de extracción relativamente bajo (60-65%).

Conforme se utilizan grados de extracción de harina o semolina mayores, el color se vuelve más pardo.

Una pasta de color blanco grisáceo se obtiene con una semolina de bajo contenido de carotenos y elevada actividad lipoxidasa que se ha sometido a una molienda de alto o medio grado de extracción. Harinas o semolinas con estas características generales se obtienen a partir de algunos trigos duros y de la mayoría de los trigos panaderos (33).

Para el consumidor el color de la pasta es puramente subjetivo, pero en el laboratorio, donde numerosas muestras son comparadas se les determinan

exámenes objetivos donde el color es percibido por colorímetros de refractancia o espectrometros, para comparar la intensidad y brillo del color. El color de la pasta está influenciado aparte de la semolina, por las condiciones del proceso de mezclado, extruido y secado. Por otra parte el color de la pasta puede ser mejorado con una apropiada manipulación con un ciclo de altas temperaturas, así también un secado de pasta con altas temperaturas puede causar un oscurecimiento excesivo en la pasta, haciéndola menos atrayente (30).

b) Resistencia de las pastas a la ruptura.

La prueba de resistencia de las pastas a la ruptura, se realiza generalmente en forma manual siendo por lo tanto una prueba subjetiva.

Diversos reportes describen la aplicación de maquinaria especial para registrar la resistencia a la ruptura sin embargo, dada la pobreza en cuanto a la reproducibilidad de los resultados de este tipo de prueba, su uso se limita en establecer una relación entre los resultados de la prueba de resistencia a la ruptura y otros factores, secado, daño al gluten durante el amasado y formado y granulometría.

Una pasta elástica y fuerte, indica por lo general que el producto fue bien procesado y de relativamente alto contenido de proteínas (33).

c) Calidad de cocimiento de las pastas.

La apariencia y la textura de la pasta pueden ser aceptables después del cocinado, y la pasta puede tener un sabor placentero y suave cuando se come. La pasta después de cocinarse se considera posee una buena calidad cuando esta retiene un buen color amarillo, no se quiebra o desaga demastado dejando exceso de sólidos en el agua del cocinado, no está chiclosa o blanda cuando se come y exhibe una firmeza al morderse ("al dente", como comúnmente se dice). Estas evaluaciones de calidad son algo subjetivas y mucho depende de lo que decida o juzge el consumidor.

Se han desarrollado pruebas de laboratorio con procedimientos de cocimiento controlado y pruebas mecánicas objetivas que minimizan las variables que influyen en las medidas de calidad de las pastas y eliminan preferencias individuales.

Los factores que influyen en la percepción de la calidad de las pastas incluyen técnicas de cocimiento, tiempo de cocimiento, composición del agua de cocimiento y manejo del producto después del cocimiento. El tiempo de cocimiento varía con la forma y delgadez del producto, la dureza y el pH del agua con la que se cocina la pasta le afecta deshidratandola (30).

La prueba para evaluar la calidad de cocimiento de las pastas, generalmente se realiza utilizando una cantidad determinada de pasta seca y agua, manteniendo una temperatura constante.

La prueba implica la medición del porcentaje de hinchamiento, de sedimentación y del tiempo de cocimiento. Este último parámetro se determina examinando muestras del producto tomadas a diversos tiempos presionándolos entre dos vidrios de reloj hasta la desaparición de la veta opaca central o hidratación total del almidón. A este tiempo se determina el por ciento de hinchamiento y sedimentación. Posteriormente se determina el sobre cocimiento o el tiempo de desintegración de la pasta (33).

La relativa turbidez del agua de cocimiento indica la cantidad de pasta que se descompone durante el cocinado, es referido como pérdidas de cocimiento o residuo en el agua de cocinado. Los residuos pueden medirse por evaporización del agua de cocinado por sedimentación o por secado por congelación (30).

Las pastas elaboradas con trigos cristalinos de diversos orígenes presentan pequeñas diferencias en cuanto a los parámetros de calidad de cocimiento siendo estas más acusadas cuando los productos son elaborados con trigos suaves panaderos (33, 35).

La importancia de la calidad de cocimiento de los productos macarroneos es el principal factor para evaluar la calidad del trigo y/o semolina.

Se realizaron investigaciones para observar el efecto de la cantidad de gluten con respecto a la calidad de las pastas en la prueba de cocimiento, esto se logró, aislando la proteína de trigos durum y añadiéndolo a una harina de trigo suave dándole un rango de proteína de un 5-26%. El resultado que se observó es que disminuyó la cantidad de residuos en el agua en donde se realizó el cocimiento.

En este estudio se llegó a concluir que el gluten es un factor determinante en la calidad de las pastas en la prueba de cocimiento, teniendo una mayor importancia la calidad del gluten que su cantidad. Hay numerosos factores que también afectan la calidad de cocimiento, pero el más importante es la calidad del gluten (35).

Se sabe que la semolina negra de diferentes trigos produce spaguettis diferentes en cuanto a su calidad de cocimiento.

Aparte del contenido y calidad del gluten, se ha determinado que las enzimas proteolíticas tienen un efecto aunque menor que el gluten sobre la calidad de cocimiento. Es bien conocido que las enzimas proteolíticas cambian las características físicas de las proteínas del gluten en presencia de estas en pequeñas cantidades.

En un estudio realizado se utilizó la enzima proteolítica BAPA-asa para hidrolizar la proteína y se observaron cambios en la calidad de la harina, por lo que se llegó a concluir que estas enzimas ayudan a elevar la calidad de la harina por la actividad enzimática sobre solo unos pocos enlaces peptídicos de la proteína de la semola, elevando de esta manera la calidad de cocimiento (36).

Se hicieron experimentos utilizando almidón de tapioca pregelatinizado para determinar su efecto en la calidad de cocimiento de pastas y tallarines, en este estudio se observó que al utilizar este, se mostraba una desintegración visual en la superficie después del cocimiento y subsecuentemente dio altas pérdidas en el cocimiento.

Así también se ha observado que la calidad de cocimiento de pastas y tallarines se eleva al aumentar la cantidad de proteína utilizando un concentrado de proteína de pescado (40).

4.6 Clasificación de las pastas .

De acuerdo a las formas, que presentan las pastas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Macarrones: Tubos de diversos tamaños y diámetros: por ejemplo macarrón, codito liso, codito rayado, y plumas.

- Spaghetti: Cordones solidos, generalmente de diámetro pequeño: por ejemplo spaghetti.

- Tallarin: tiras ya sean planas (enrolladas y cortadas) o bien ovales (extruidas): por ejemplo fideo, tallarin.

- Extruidas y cortadas: presentan varias formas a partir de hojas (láminas) de mesa: por ejemplo, canelones y lasagna (33).

4.7 Aspecto nutritivo.

La descripción nutricional de la pasta fue desarrollada por The National Pasta Association's Nutrient Research and Education Committee, para documentar de una manera precisa y con bases científicas la descripción de los nutrientes disponibles en pastas. Con esto se demuestra que la pasta no es solo divertida de hacer, deliciosa de comer, versátil y fácil de preparar, y económica al comprar, pero también es un producto alimenticio nutricionalmente importante, esto hace que tenga un papel importante en la dieta contemporánea con que es designada a promover y proteger la buena salud.

Los aspectos nutricionales de la pasta son muy variados, y de particular significancia al público en general como una dieta ligera recomendada por numerosas organizaciones médicas y científicas. Es una buena fuente de carbohidratos y una moderada fuente de proteínas. Esta contiene algunas vitaminas y minerales esenciales y es baja en sodio y grasa, las proporciones aproximadas en las que se encuentran estos nutrientes las podemos observar en las tablas No. 15 y 16.

4.7.1 Distribución calorica.

Calorias es la unidad con que la energía tomada del cuerpo es medida. Para mantener el peso ideal, es necesario lograr un balance en donde la energía tomada (calorias de los alimentos) sea igual a la energía liberada (esfuerzo físico o ejercicios).

Análisis de los nutrientes han mostrado que la pasta es sorprendentemente baja en calorías como es generalmente consumida.

Pastas elaboradas sin huevo, por ejemplo, contienen 210 calorías por 2 onzas de pasta seca (dos onzas equivalen a aproximadamente 65 gramos). De acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), los productos de pasta contienen:

- 75 % de carbohidratos.
- 12.1-14.2 % de proteína
- y 0.2-2.6 % de grasa.

Pastas elaboradas con huevo (tallarines), contienen solo escasamente mayor cantidad de calorías -220 calorías por dos onzas de pasta seca. El mayor contenido de calorías en estos productos es el resultado del incremento calorico del huevo. Estos productos contienen:

- 71.7 % de carbonhidratos.
- 12.0-14.4 % de proteina
- 3.1-5.6 % de grasa.

4.7.2 Carbohidratos.

Los carbohidratos son el origen basico de la energia usada por el cuerpo humano y son clasificados en simples y compuestos. Todos los carbohidratos estan compuestos de moléculas de azúcares ordenadas en diferentes enlaces glucosidicos. El ordenamiento de estos enlaces y moléculas determinan la clasificación de los carbohidratos.

Los monosacaridos son moléculas de azúcares simples como son: glucosa, galactosa, y fructosa. Disacaridos como lactosa, maltosa y sacarosa son formados por enlazamiento de dos monosacaridos. Ambos mono y disacaridos son carbohidratos simples.

Polisacaridos como el almidon, estan formados por miles y cientos de moléculas de glucosa. Carbohidratos compuestos como estos se encuentran en pastas, contienen uniones de polisacaridos ramificados llamados amilopectina, así también como fracciones lineales llamados amilosa. La proporción de estos dos almidones en el carbohidrato determina las características de cocimiento. Otros orígenes de carbohidratos compuestos estan en granos de cereales, panes y vegetales.

4.7.2.1 Fibra.

La fibra es un carbohidrato compuesto encontrado en las paredes de las células de la planta. La fibra es importante para la nutrición humana, porque tiene la habilidad de mover el alimento a través del cuerpo y ayuda a la eliminación de productos de desecho de la digestión.

Con el trigo como es el ingrediente primario, la pasta puede contribuir con fibra en la dieta. En cada 100 gramos de pasta, un promedio de 0.5 gramos de fibra cruda esta presente. Los tallarines con huevo contiene un promedio de 0.4 gramos de fibra cruda en 100 gramos de producto.

La cantidad precisa de fibra en los alimentos es, de cualquier modo, controversial.

4.7.3 Proteinas.

Son vitales para el desarrollo de todos los tejidos del cuerpo, están compuestas de aminoácidos. Son ocho los aminoácidos que el cuerpo no puede producir y que ayudan al mantenimiento de la salud.

La pasta contribuye con seis de los ocho aminoácidos esenciales, y es deficiente solo en lisina y treonina, por lo que se recomienda con carne, o otro alimento que complemente la proteína, (una proteína completa es aquella que contiene todos los aminoácidos esenciales).

Los cereales son el origen más importante de proteína en el mundo popular, y el trigo es el más alto en cantidad de proteína en comparación con otros granos. Los macarrones no son capaces de mantener un crecimiento normal de un organismo. La leche materna es el único alimento que por sí solo contiene todos los nutrientes requeridos por el cuerpo humano en la

infancia.

En un esfuerzo para aumentar la proteína en las pastas, se han realizado muchas investigaciones sobre esta área. Una de las áreas mayores de la experimentación ha sido enfocada en la adición de granos complementarios y proteínas de origen animal a la pasta. Soya, maíz, arroz y tapioca son unos ejemplos de los granos que se han tratado de utilizar para mejorar la proteína de las pastas.

La pasta por lo tanto puede ser parte importante de una dieta vegetariana. Cuando la pasta y cualquier otro cereal es consumido con legumbres, todos los aminoácidos están presentes. Esta combinación podría resolver muchos problemas de alimentación en países subdesarrollados, en virtud de que los granos y legumbres son los alimentos más baratos para producir.

4.7.4 Grasas.

Las grasas son la fuente más concentrada de energía. Un gramo de grasa produce aproximadamente 9 calorías; un gramo de carbohidrato produce 4 calorías.

Como alimentos bajos en grasa, los productos de pasta seca contribuyen solo en una pequeña cantidad de grasa para la dieta diaria. La pasta elaborada sin huevo contiene una cantidad insignificante -cerca de un gramo de grasa en 2 onzas de pasta seca. La pasta elaborada con huevo es considerada como un alimento bajo en grasa, conteniendo cerca de 3 gramos por ración.

La pasta elaborada sin huevo no contiene colesterol presentando una pequeña cantidad de grasa saturada. En este tipo de pasta, el 90% de la grasa está hecha de ácidos grasos esenciales, como el ácido linoleico, por lo que la cantidad de ácido linoleico en el producto terminado es pequeña. Es probable que esta cantidad de ácido linoleico sea significativa, ya que únicamente se requiere muy poca cantidad de este ácido graso esencial por día.

Agricultural Handbook No 450 (19) indica que la pasta elaborada con huevo contiene ácidos grasos saturados presentes en un grado de 1.5% del peso total de la pasta. Con la adición del huevo, la pasta contiene colesterol, pero este contenido de colesterol es considerado como mínima cantidad (45).

Fabriani y Lintas (1968), lograron determinar por medio de análisis de infrarrojo y de cromatografía, que en pastas elaboradas con semola de trigos durum había una disminución en el grado de extracción de lípidos en el producto elaborado (pastas) en comparación con la semola de trigo durum. Se llegó a la conclusión que este cambio se debía a la transformación química de los lípidos cuando están sujetos a fuertes presiones cuando están en la etapa del amasado, debido a la formación de ligaduras o complejos formados por los lípidos con otros componentes de la masa (46).

4.7.5 Vitaminas.

Las vitaminas juegan un papel fundamental para garantizar la buena salud; casi todas las vitaminas pueden ser obtenidas de cualquier alimento

o suplemento de alimento. No todos los alimentos simples contienen todas las vitaminas requeridas para la buena salud, pero la pasta es una fuente importante de vitamina B. Esta vitamina es esencial para la célula para la utilización de la energía conferida por los carbonhidratos contenidos en la pasta.

La pasta contribuye con tiamina, niacina y riboflavina en la dieta. La tiamina está involucrada en la transformación en energía de los carbonhidratos. Suministrando 35% de U.S. RDA (Recommended Dietary Allowances, son los niveles de nutrientes esenciales considerados como necesarios para mantener una adecuada nutrición y una buena salud. Los niveles de RDA fueron determinados por tablas de nutrición y alimentos del National Research Council de la Academia Nacional de Ciencias.), por dos onzas de pasta seca -la pasta es una buena fuente de tiamina.

La riboflavina es esencial en el ciclo de energía para el crecimiento celular. La pasta suministra 15% de U.S. RDA de riboflavina por una ración de dos onzas de pasta seca.

La niacina actúa en la liberación de energía en el ciclo del ácido cítrico. La niacina puede ser fabricada en el cuerpo a partir del aminoácido triptófano. La pasta contribuye entre 15-20% de U.S. RDA de niacina por la ración de dos onzas de pasta seca.

4.7.6 Minerales.

Como compañeros de las vitaminas, los minerales son esenciales para la buena salud y no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano. La pasta contiene un número de minerales en donde todos contribuyen al balance de la dieta. Estos minerales pueden variar debido al tipo y la cantidad de ingredientes usados para su elaboración.

Se ha determinado que los minerales contenidos en la pasta son los que se encuentran en el trigo del que se deriva la pasta. La pasta elaborada con semolina contiene hierro, calcio, magnesio, fósforo, potasio, sodio, zinc, cobre y selenio.

La pasta suministra 10% de U.S. RDA de hierro en dos onzas de pasta seca.

La pasta es consumida comúnmente con productos que contienen vitamina C como jitomates y pimiento verde. La vitamina C aumenta la absorción y por lo tanto la utilización del hierro.

El selenio contenido en la pasta se considera como bueno: 100 gramos de pasta cruda contiene de 85-90 microgramos respectivamente. Se estima seguro y adecuado tomar de 20-500 microgramos de selenio en la dieta diaria, por las tablas de nutrición y alimentos y la National Research Council de la Academia Nacional de Ciencias.

Cuando es cocida una porción de 2 onzas de pasta en agua sin sal, la pasta que se sirve contiene menos de 0.5 mg. de sodio. La pasta es un alimento claramente bajo en sodio.

La adición de una 5 gramos de sal (40% de sodio) a 250 ml de agua en

donde se va a cocinar la pasta, da un aumento en la cantidad de sodio al servir la pasta conteniendo de 290-310 mg. Enjuagando la pasta en agua salada reduce el contenido de sodio en un 50%. Es importante hacer notar que la sal agregada al agua, es un ingrediente opcional y tiene una función no tanto funcional, sino unicamente para impartir sabor (45).

Abel Kahan (1962) determino que el contenido de minerales y vitaminas en las pastas se ve afectado durante su cocimiento, de manera que el porcentaje de reducción de metales se incrementa conforme aumenta el tiempo de cocimiento. Los elementos disminuyen despues de los 10 min. de cocimiento, y se quedan estables por un largo tiempo. Así, pues, se han encontrado variaciones en el potasio, fósforo, magnesio, hierro, manganeso, cobre y molibdeno.

Las trazas de hierro, manganeso y molibdeno varían considerablemente despues de los 10 min. de cocimiento y se vuelven estables despues de 15-20 minutos de cocimiento.

Las pérdidas de los diferentes minerales en el agua son relativamente pequeñas.

La cantidad de vitaminas solubles disueltas en el agua de cocimiento, se incrementa al incrementarse el tiempo de cocimiento, por lo que se recomienda cocinar las pastas por 15 min. para minimizar las pérdidas de minerales y vitaminas en el agua. A este tiempo, la pasta puede ser firme, estable y aceptable para comerse (44).

TABLA No. 15

Composición nutricional de la pasta.

Pasta	Humedad %	Cenizas (g)	Calorías	Proteínas (g)	Grasa (g)
Macarrón					
a) Seco	9.8	0.7	366	12.8	1.6
Rangos	5.2-12.0	0.6-0.8	---	12.1-14.2	0.2-2.6
b) Hervido	71.5	0.18	117	4.3	0.6
Tallarín					
con Huevo					
a) Seco	9.2	0.9	380.6	14.0	4.2
Rangos	7.9-11.5	0.7-1.1	---	12.0-14.4	3.1-5.5
b) Hervido	70.4	0.7	125	4.1	1.5

Pasta	Total de Carbohidratos (g)	Fibra cruda, (g)
Macarrón		
a) Seco	75.1	0.5
Rangos	----	0.3-0.6
b) Hervido	25.2	----
Tallarín		
con huevo		
a) Seco	71.7	0.4
Rangos	----	0.2-0.5
b) Hervido	23.3	0.1

Datos tomados de composición de los alimentos; USDA Agricultural Handbook No 8, 1963.

TABLA No. 16

Aminoácidos contenidos en las pastas.

Aminoácidos	Macarrón crudo (mg/100g)	Macarrón cocido (mg/100g)	Proteína "Ideal" (mg/100g)
Histidina.....	310	58	1700
Isoleucina.....	560	180	4200
Leucina.....	1,060	330	7000
Lisina.....	290	90	5100
Aminoácidos sulfurados.....	630	195	2600
Aminoácidos aromáticos.....	1,110	330	7300
Treonina.....	410	130	3500
Triptófano.....	170	53	1100
Valina.....	650	200	4800

Valores tomado de: Hummel, Charles, Macarroni Products, 2nd Edition 1966. (45).

4.7.7 Pérdidas por cocimiento y almacenamiento.

Como alimento procesado, empaquetado y almacenado, algunos nutrientes de la pasta sufren una degradación o pérdida.

El estudio de la pérdida de nutrientes en las pastas no es aun decisivo. Investigaciones realizadas por Labuza, et. al. en pastas muestran pérdidas mínimas cuando el producto es almacenado por periodos mayores de un año en la obscuridad y bajo condiciones moderadas de temperatura y humedad.

4.8 Vida de anaquel.

La vida de anaquel de las pastas varia con el contenido de humedad, formulación, técnica de proceso, empaquetado, manejo y condiciones de almacenamiento (30).

La preservación de las pastas se realiza de tres maneras principalmente por empaquetado en cajas de carton, celofan, polietileno o celofan/polietileno, por refrigeración y por enlatado, cuando se combina con otros ingredientes (47).

4.9 Calidades de las pastas

Las pastas alimenticias se elaboran en diversas calidades, siendo las más generalmente ofrecidas las siguientes: calidad extrafina, calidad fina, calidad segunda y calidad tercera.

Estos distintos tipos difieren entre si por la calidad de las harinas y semolas utilizadas en la preparación de la mezcla.

Calidad extrafina.-Se elabora con semolas de grano durum al 55 a 65% de

extracción, con esta elevada proporción de gluten, esta pasta es altamente nutritiva, muy estimada para convalecientes y personas delicadas.

Con algunas semolas procedentes de trigo durum, se obtienen productos oscuros o excesivamente opacos y en este caso, para su corrección y mejora, se adiciona a la masa un tanto por ciento de harina elaborada de grano blando. Para evitar este inconveniente es preferible adoptar una mezcla de 75 a 80% de semola procedente de trigo durum y del 25 al 30% de trigo blando.

Esta calidad de pasta puede conservarse durante mucho tiempo, sin alteraciones apreciables.

Calidad fina.-Es la más solicitada, pues si bien no es tan nutritiva como la anterior, da excelentes resultados alimenticios, presenta un aspecto agradable, resiste muy bien la cocción y como contiene mayor por ciento de semola de trigo blando, es de sabor ligeramente dulce.

Las proporciones más recomendables para esta calidad son del 45 al 50% de semola de trigo durum y del 50 al 60% de semola o harina de trigo blando.

Calidad segunda.-En esta calidad la mezcla corresponde al 30 a 45% de semola de trigo durum al 65 al 70% de harina o semola de trigo blando.

Calidad tercera.-Esta calidad es bastante ordinaria, pues contiene un elevado porcentaje de harinas de trigo blando, llegando algunos productores a elaborarla exclusivamente con estas harinas (22).

4.10 Pruebas de calidad en pastas alimenticias.

Las características del producto terminado se obtienen de acuerdo a los resultados de los análisis agrupados en los siguientes tipos:

4.10.1 Físicos y Sensoriales

Color. Se mide en miligramos de β -carotenos por 100 gramos de muestra, o en partes por millón. El contenido de β -carotenos no es el mismo en el producto seco que en la materia prima ya que durante el proceso el color natural se va reduciendo por la acción de la lipoxidasa sobre los carotenos naturales; también puede ser modificado por la adición de huevo y/o colorantes naturales o artificiales.

En un método específico el color del spaghetti se expresa con términos de brillantez y amarillez, medidos con colorímetros.

Sabor y olor. No deben ser ácidos ni desagradables, deben ser semejantes a los de la materia prima. Se juzgan por medio de los sentidos y por ello están sujetos a variaciones.

Aspecto. Este parámetro se determina visualmente y deberá ser realizado por personas capacitadas. Las pastas a cualquier tiempo después de secada no debe presentar zonas estrelladas; debe presentar superficies lisas aunque no de aspecto ceroso.

4.10.2 Análisis Químico.

Humedad. Deberá ser no mayor del 14% ya que, un mayor contenido es

índice de mal secado y favorece la reproducción de microorganismos y mohos principalmente. La reproducción de estos microorganismos puede incrementarse después del empaque y durante el almacenamiento hasta su venta al consumidor, dando un aspecto desagradable y haciendo el producto no apto para el consumo humano.

Proteínas. Aunque la Norma Mexicana, NOM-F-23-S-1960, de pastas para sopa señala del 6 al 9.5% para pastas fabricadas con harina y 9.5 a 11% para pastas elaboradas con semola, dependiendo de que contengan o no huevo. Es deseable que este porcentaje no sea inferior al 11%, si se desea conseguir buenas características de cocción, las cuales no tienen mucha variación para contenidos de proteína del 15 al 30%. Pastas con menos del 10% de proteína presentan una desintegración importante al momento de su cocción, produciendo un aspecto desagradable.

Grasa. Los productos obtenidos de semolina pueden contener entre 0.25 y 2.6% de grasa, reportada con extracto etéreo, el porcentaje será menor si la materia prima es harina y se verá incrementado si la pasta es enriquecida con productos como leche, huevo, etc.

Verduras. La Norma Mexicana NOM-F-23-S-1960, señala un máximo de 0.7% para pastas normales y 1.2% para pastas con huevo. Es natural que este valor se vea incrementado en el caso de que sean adicionadas con vegetales.

4.10.3 Características de cocción:

Incremento de volumen durante la operación; cantidad de agua absorbida; pérdida de sólidos en el agua de cocción; firmeza al final del proceso.

-Cantidad de agua absorbida durante la cocción.- Se puede determinar fácilmente pesando el producto antes y después de la cocción, el incremento de peso es debido a la absorción de agua. Esta cantidad absorbida tiene una cierta relación con la cantidad de proteína en la pasta de modo que a mayor contenido de proteína existe mayor absorción de agua. Se considera una buena pasta aquella que absorbe un equivalente a dos o tres veces su peso en agua.

-Incremento de Volumen.- Esta en proporción directa con la absorción de agua. Una pasta que tenga buenas características de cocción, debe incrementar su volumen al menos en tres veces el original. El incremento del volumen logrado por una pasta, se puede determinar por diferencia de desplazamiento de un volumen de agua, xilol o petróleo por la pasta cocida y por la pasta cruda.

Grado de desintegración.- Es la cantidad de sólidos que se desprenden de la pasta al ser sometida a ebullición durante 28 min. Un valor de 6% de sólidos desintegrados se considera bajo, mientras que las pastas de buena calidad presentan valores entre 4 y 5%. Los productos que mayor porcentaje de desintegración presentan, son aquellos cuyo contenido proteico están entre 4.5 y 9%.

Firmeza.- Se mide en función del trabajo requerido en gramos-centímetro para partir una pieza de pasta cocida, por medio de un diente mecánico. Para medir la firmeza se elaboran curvas de fuerza contra tiempo, el área

bajo la curva representa el trabajo necesario para la ruptura; una curva con un punto de ruptura alto corresponde a pastas de buena calidad y viceversa. Este factor esta tambien en funcion del contenido de proteinas de modo que a mayor contenido de proteina mayor firmeza.

4.10.4 Características Microbiológicas.

Las pastas despues del secado se encuentran realmente libres de microorganismos, ya que, inclusive durante el extruido, se ha determinado que se lleva a cabo la destruccion de Salmonella reduciendo con ello la posible carga microbiana que pudiera contener el producto antes del secado. Durante esta operacion de prensado se impide en general el desarrollo de bacterias, si este es conducido a 50°C o mas.

Esto aunado a que el contenido de humedad debe ser del 14% o menos confirma el que, si el proceso ha sido correctamente realizado el producto debe estar libre de desarrollo microbiano. No obstante, debe considerarse que existen microorganismos que, como los estafilococos, producen enterotoxinas que no pueden ser eliminadas con el calor y de aqui la importancia de un buen control microbiologico en la materia prima (29).

La SSA marca, en la NDM-F-25-E-1980, los maximos permisibles en el aspecto microbiologico de pastas para sopa en cuanto a hongos, levaduras, coliformes, Salmonella y Staphylococcus aureus (7).

CAPITULO V: METODOLOGIA.

La metodología que se siguió para la realización del experimento fue la siguiente:

A) En la harina.

1. Se realizó una investigación teórica de los diferentes tipos de harina que se manejan en el mercado.
2. Según los tipos de harina que se encontraron en el mercado se pidió una muestra de harina favorable para los fines del experimento, que en este caso se escogió que fuera una con características panaderas.
3. Se realizó una evaluación de la harina para la confirmación de su posible utilidad por medio del alveógrafo.

Funcion del alveografo.

El alveógrafo es un aparato que se utiliza para evaluar la calidad de una harina. El alveógrafo es uno de los aparatos que mide las propiedades plásticas de la masa y es ampliamente usado en los molinos de trigo en nuestro país.

El equipo completo del alveógrafo se compone de tres aparatos (figura 1). La amasadora extractora, que amasa la harina (250 g.) en condiciones absolutamente normalizadas y que debido al sentido de rotación invertido, extrae por extrusión una tira de masa en la cual las muestras son cortadas. El alveógrafo propiamente dicho que permite laminar la muestra con un espaciador preciso, y a su vez contiene una platina con una perforación central, sobre la que se ajusta una lámina de masa, preparada previamente. Por el orificio de la platina se insufla aire a presión, el cual hincha la lámina de masa y forma una burbuja que finalmente, se rompe. El manómetro hidráulico de tambor rotativo, permite el registro gráfico de deformación, es decir, la presión en el interior de la burbuja, que depende de las características plásticas de la masa, se registra de forma automática sobre el tambor que gira a velocidad constante, obteniéndose gráficas como la representada en la figura 2. En el alveograma, la extensibilidad, o capacidad de la burbuja de masa para ser estirada 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-tenacidad que opone la masa a su extensión; el valor máximo (F) proporciona una medida de la estabilidad de la masa. La fuerza de la harina (W) se determina a partir de los parámetros P, L y de la superficie o área encerrada por la curva, y expresa el trabajo (ergios) puesto en juego en el proceso; W es una expresión global de las características plásticas de la masa. Si el valor de W es importante, hay que tener en cuenta también el índice P/L, que expresa el equilibrio existente entre la estabilidad y la extensibilidad de la masa (elasticidad de la masa).

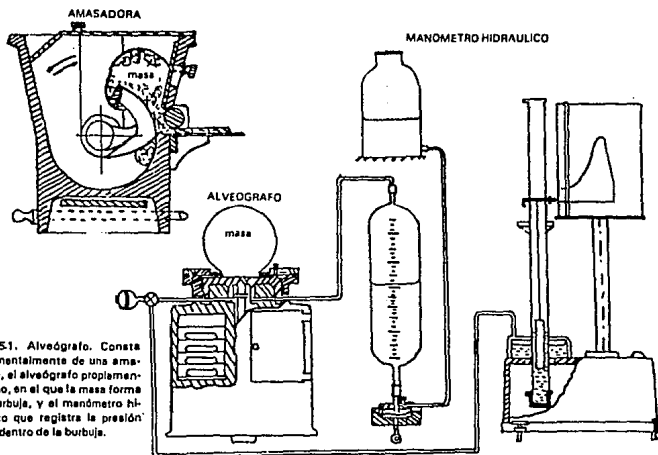


Figura 5-1. Alveógrafo. Consta fundamentalmente de una amasadora, el alveógrafo propiamente dicho, en el que la masa forma una burbuja, y el manómetro hidráulico que registra la presión dentro de la burbuja.

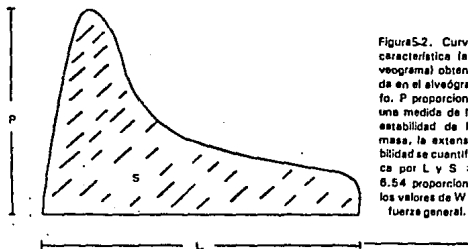


Figura 5-2. Curva característica (alveograma) obtenida en el alveógrafo. P proporciona una medida de la estabilidad de la masa, la extensibilidad se cuantifica por L y S x 8.54 proporciona los valores de W o fuerza general.

Metodo convencional para la obtencion de alveogramas.

Para la obtencion de alveogramas se debe seguir el siguiente procedimiento convencional, segun recomendacion del fabricante:

1. Pesar 250 g. de harina.
2. Agregar solucion de cloruro de sodio al 2.5% segun la humedad de la harina.
3. Amasar por 5 minutos.
4. Extraer 5 trozos de la masa y laminar con rodillo pasandolo varias veces.
5. Meter en la camara de reposo del alveografo las pastas por un tiempo de 20 minutos, de tal manera que desde el inicio del amasado hasta la compresion de la masa hayan pasado exactamente 20 minutos.
6. Colocar la primera pasta en la platina y prensarla.
7. Introducir aire con la perilla hasta formar una burbuja.
8. Preparar la plumilla y el papel para graficar, en el cilindro para tal efecto.
9. Colocar el trasco en la parte superior del alveografo hasta que se reviente la burbuja.
10. Poner en marcha el alveografo hasta que se reviente la burbuja.
11. La grafica indicara las caracteristicas reologicas de la harina de prueba.
12. Repetir las operaciones desde el punto 6, con las 4 pastas restantes. (68).

B) Formulacion del mejorante.

1. Se realizo de una investigacion teorica de los aditivos (maduradores: azodicarbonamida, ac. ascorbico, bromato de potasio, persulfato de amonio, hexametfosfato de sodio, fosfato disodico), utilizados en harinas de trigo, asi como sus limites permitidos.
2. Se solicitaron muestras segun:
 - a) costo
 - b) disponibilidad.
3. Se evaluo del efecto de cada una de las muestras solicitadas sobre la harina, usando una misma concentracion para poder comparar el efecto producido por cada una de ellas, usando el alveografo para este fin y utilizando un blanco.
4. Se hicieron pruebas de mezclas utilizando los agentes oxidantes en cada una de ellas en diferentes concentraciones ayudandonos de los resultados anteriores para la formulacion de la mezcla y usandolos en una cantidad de 0.025 g. de la mezcla que se realice en 250 g. de harina.
5. Se escogieron de las mezclas que mejores resultados alveograficos dieron.
6. Se realizaron los alveogramas de las mezclas clasificadas a diferentes concentraciones para determinar costo por calidad.
7. Se clasificaron las mezclas por calidad alveografica y costo, y por lo tanto definicion de formulacion (s).
8. Se comparo el efecto alveografico de la formula (s), con otros mejorantes semejantes en el mercado y estos a su vez con una harina de semola diluida a un 70% semola y 30 % harina panadera además de la utilizacion de un blanco.

C) Comprobación del efecto del mejorante.

1. Se elaboraron pastas alimenticias, con mejorantes, sin mejorantes y abase de semola (70% semola/30% harina).
2. Se realizaron pruebas de cocimiento sobre las pastas previamente elaboradas. Con estas pruebas se pretende conocer el grado de calidad de una pasta.

Para llevar a cabo estas pruebas se necesitó del siguiente material:

- a) Cacerola de acero inoxidable.
- b) Cloruro de sodio.
- c) Balanza granataria.
- d) Probeta de 1000 ml.
- e) Reloj.
- f) 2 cuadros de acrílico o 2 porta objetos.
- g) Una cuchara y un tenedor grande.

Las pruebas de cocimiento que se realizaron, así como sus procedimientos fueron las siguientes:

1) Tiempo de cocimiento.

- a) poner a hervir 2 lt. de agua en la cacerola.
- b) Agregar 1 g. de cloruro de sodio.
- c) Al hervir el agua, agregar 100 g. de pasta.
- d) Controlar el tiempo con ayuda del reloj.
- e) Utilizando el probador de pasta, empezar a chequear el cocimiento a los 2 o 5 minutos, dependiendo del tipo de pasta, esto se hace de la siguiente manera:
Colocar entre las dos piezas de acrílico o porta objetos la pasta y presionar fuertemente.
- f) El tiempo total de cocimiento se toma cuando desaparece el cordón central de la pasta al presionarla con los acrílicos o con los porta objetos.

2) Tiempo de inicio de desintegración.

Consiste en tomar el tiempo en que inicia a despedarse la pasta en ebullición.

3) Tiempo final de desintegración.

Consiste en tomar el tiempo en que la pasta pierde su forma totalmente en el agua de ebullición.

4) % de Sedimentación.

- a) Al contar el tiempo de cocimiento se toman 400 ml. de agua de cocimiento de la pasta (sin tomar pasta integral).
- b) Colocar esta agua en una probeta graduada de 500 ml.
- c) Dejar que sedimente durante 2 hrs.
- d) Medir con la graduación de la probeta, el volumen total de sedimento.

Calculo:

$$\% \text{ de sedimentación} = \frac{V_{ts}}{V} * 100$$

Donde:

V_{ts} = volumen total del sedimento.

V = volumen total (400 ml de la probeta).

3. Analisis de los resultados de las pruebas.
4. Se realizo una prueba final para determinar la formulación optima segun resultados de alveogramas y de pruebas de cocimiento, comparando los resultados con los obtenidos con la semola diluida y con un patron o blanco.

CAPITULO VI: PRESENTACION DE RESULTADOS : ANALISIS Y DISCUSION

El patron de comportamiento alveografico de un agente oxidante, es el siguiente: W aumenta, P aumenta, G disminuye, F/G aumenta y L disminuye.

A partir de esto podemos notar que los resultados que obtuvimos en el efecto de los diferentes oxidantes a una misma concentracion (tabla 17) se comportaron de manera distinta en cuanto a la fuerza (W), esta, en lugar de aumentar, disminuyo, en la mayoría de los casos en virtud de la elevada concentracion que se utilizo de los mejorantes. Sin embargo, este hecho no afecta el poder observar el efecto que provocan cada uno de los mejorantes en una harina panadera (sin mejorantes aplicados en ella).

El analisis alveografico general de una harina panificable es el siguiente:

Humedad	H (%)	14.0
Tenacidad m/m	(F)	85.0
Extensibilidad m/m	(L)	65.0
Relacion tenacidad/expansion	(P/G)	4-5
Fuerza general en Joules x 10 (-4)	(W)	250

El análisis de una harina de semola 100% generalmente no se puede llegar a determinar, debido a que por su elevada tenacidad la curva sale del papel que en que se grafica, por tal razon se hizo una mezcla de semola harina en porcentaje de 70% semola y 30% harina panificable, de esta mezcla se determino el siguiente analisis:

Humedad	H (%)	13.5
Tenacidad	(F)	130.3
Extensibilidad	(L)	23.5
Relacion tenacidad/expansion	(P/G)	12.1
fuerza en Joules x 10 (-4)	(W)	160.5

TABLA 17 EFECTO DE LOS DISTINTOS OXIDANTES

OXIDANTE	W		P		G		P/G		L	
	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
AC. ASCORBICO	193.1	199.8	72.83	89.99	16.89	14.98	4.48	6.88	57.25	45.58
BROMATO DE POTASIO	288.5	168.1	78.99	77.22	17.99	14.92	3.94	5.17	54.66	45.88
PERSULFATO DE AMONIO	218.2	184.7	84.88	86.38	17.4	15.28	4.82	5.66	61.58	47.58
AZODICARBONAMIDA	195.5	112.1	67.49	74.88	18.23	13.59	3.78	5.44	68.25	37.58
FOSFATO DISODICO	156.9	176.2	67.88	69.38	16.88	16.86	4.18	4.12	52.88	57.28
HEXAMETAPOSFATO DE SODIO	198.4	198.6	76.83	77.83	17.48	16.56	4.39	4.69	62.88	55.28

Resultados obtenidos agregando 0.81g en 250 g de harina en cada caso.

NOTAS:

Los numeros del 1 al 6 significan lo siguiente:

- = Bromato de potasio.
- 2= Azodicarbonamida.
- = Ac. ascorbico.
- = Fosfato disodico.
- = Persulfato de amonio.
- = Hexametafosfato de sodio.

Las claves que se determinaron en las tablas de los resultados de los alveogramas son las siguientes:

- P= Testigo o blanco en W, P, G, P/G y L, que equivale a 250g. de harina de trigo panadera sin mejorante.
- = Muestra en W, P, G, P/G y L, que equivale a 250g. de harina de trigo panadera con su respectivo (s) mejorante (s).
- W= Fuerza general x 18 -4 Joules.
- = Tenacidad w/w
- G= Expansion w/w
- P/G= Relacion de tenacidad/expansion.
- = Extensibilidad w/w.

Por los resultados en dichos alveogramas, se puede observar los siguientes porcentajes de variación con respecto al blanco:

TABLA 18 Variaciones individuales de oxidantes en referencia al testigo

OXIDANTE	W	P	G	F/G	L
Ac. ascórbico	+ 3.10	+23.56	-12.75	+33.92	-25.82
Bromato de potasio	-25.23	+ 8.77	-20.57	+31.21	-21.46
Persulfato de amonio	-18.13	+ 2.83	-13.87	+17.42	-29.47
Azodicarbonamida	-47.39	+ 9.64	-34.14	+47.02	-82.00
Fosfato disódico	+12.30	+3.55	+ 5.37	- 1.45	+10.00
Hexametáfosfato de sodio	- 4.09	+1.30	-3.55	+ 6.83	-12.31

NOTA: + significa un aumento en la variable correspondiente.
 - " " una disminución en la variable correspondiente.

Aquí se puede observar como el bromato de potasio, el ac. ascórbico y la azodicarbonamida, tienen un efecto muy marcado, mientras que el hexameta fosfato de sodio y el persulfato de amonio tienen un menor efecto. Por otra parte el fosfato disódico no muestra ningún efecto favorable para nuestros fines, sin embargo, se empleo en las mezclas para poder notar algún efecto sinérgico a una menor concentración con los demás oxidantes.

Como podemos observar en la tabla 18, existen diferentes efectos de los oxidantes en función de su tipo y su concentración, por lo cual se realizaron diversas mezclas de oxidantes a diversos porcentajes para tratar de llegar a una mezcla óptima en función de costo/calidad.

Las tablas 19 presentan las diferentes opciones analizadas. Los resultados en función de las variables alveográficas (tabla 20), servirán de parámetros iniciales para seleccionar las mejores alternativas para continuar el estudio.

MEZCLA.		%	g	W		P		G		P/G		L	
NO.	OXIDANTES			P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
8	1	28	0.005	139.8	187.6	51.68	118.00	17.53	11.96	2.94	9.86	62.00	29.00
	2	38	0.0075										
	3	28	0.005										
9	5	38	0.0075										
	1	28	0.005	139.8	159.8	51.68	100.33	17.53	11.00	2.94	9.84	62.00	24.60
	2	48	0.01										
	3	18	0.0025										
10	5	38	0.0075										
	1	28	0.005	139.8	169.8	51.68	89.00	17.53	13.4	2.94	6.64	62.00	36.00
	2	28	0.005										
	3	38	0.0075										
11	6	38	0.0075										
	1	28	0.005	139.8	175.59	51.68	75.00	17.53	14.23	2.94	5.55	62.00	41.00
	2	28	0.005										
	3	48	0.01										
12	5	28	0.005										
	1	18	0.0025	139.8	197.31	51.68	100.3	17.53	13.63	2.94	7.35	62.00	37.50
	2	28	0.005										
	3	38	0.0075										
13	6	48	0.01										
	1	28	0.005	139.8	179.9	51.68	114.33	17.53	11.9	2.94	9.60	48.00	28.00
	2	48	0.01										
	3	28	0.005										
14	5	28	0.005										
	1	28	0.005	282.2	—	96.00	—	15.28	—	5.58	—	62.00	—
	2	48	0.01										
15	5	48	0.01										
	1	28	0.005	282.2	306.8	96.00	116.6	15.28	16.83	5.58	6.89	48.00	57.50
	2	28	0.005										
	3	28	0.005										
16	5	28	0.005										
	6	28	0.005										
	1	28	0.005	282.2	228.9	96.00	116.5	15.28	13.68	5.58	8.54	48.00	57.28
	2	28	0.005										
	3	28	0.005										
	4	28	0.005										
	5	28	0.005										

TABLA 19 RESULTADOS DE LAS MEZCLAS.

MEZCLA.		%	g	W		P		G		P/G		L	
NO.	OXIDANTES			P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
1	1	20	0.005	194.2	233.4	72.00	112.00	18.20	14.13	3.95	7.92	67.50	41.50
	2	20	0.005										
	3	20	0.005										
	4	10	0.0025										
	5	20	0.005										
	6	10	0.0025										
2	1	60	0.015	194.2	194.9	72.00	127.6	18.20	12.33	3.95	10.34	67.50	30.50
	2	40	0.010										
3	1	30	0.075	194.2	230.8	72.00	112.5	18.20	14.03	3.95	8.81	67.50	40.00
	2	20	0.005										
	3	20	0.005										
4	5	30	0.075										
	1	20	0.005	194.2	209.9	72.00	120.66	18.20	12.16	3.95	10.58	67.50	29.50
	2	30	0.0075										
	3	30	0.0075										
	5	20	0.005										
5	1	30	0.0075	194.2	211.24	72.00	118.33	18.20	12.93	3.95	9.14	67.50	34.00
	2	20	0.005										
	3	10	0.0025										
	4	10	0.0025										
	5	20	0.005										
	6	10	0.0025										
6	2	20	0.005	194.2	243.1	72.00	125.33	18.20	13.73	3.95	9.12	67.50	30.50
	3	20	0.005										
	4	10	0.0025										
	5	30	0.0075										
	6	20	0.005										
	7	1	20	0.005	194.2	239.10	72.00	116.25	18.20	13.30	3.95	8.74	67.50
7	2	20	0.005										
	3	20	0.005										
	4	10	0.0025										
	6	30	0.0075										

MEZCLA.		%	S	W		P		G		P/G		L	
NO.	OXIDANTES			P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
17	1	40	0.81	282.2	—	06.00	—	15.28	—	5.50	—	48.00	—
	2	30	0.0075										
	3	30	0.0075										
18	1	20	0.005	282.2	130.1	06.00	06.00	15.28	13.96	5.50	6.30	48.00	39.90
	2	60	0.015										
	3	20	0.005										
19	1	30	0.0075	282.2	—	06.00	—	15.28	—	5.50	—	48.00	—
	2	30	0.0075										
	3	10	0.0025										
	5	30	0.0075										
20	1	40	0.81	282.2	—	06.00	—	15.28	—	5.50	—	48.00	—
	2	40	0.81										
	3	20	0.005										
21	1	20	0.005	194.2	214.5	72.00	125.30	18.20	13.50	3.95	9.04	67.50	38.20
	2	40	0.81										
	3	20	0.005										
	5	20	0.005										

TABLA 20 Porcentaje de variación de las mezclas comparadas con el testigo

MEZCLA	W	P	G	P/G	L
1	+20.18	+55.55	-28.82	+100.50	- 62.65
2	+ 0.36	+77.22	-47.60	+161.77	-121.31
3	+18.84	+56.25	-29.72	+102.78	- 68.75
4	+ 8.08	+78.69	-47.93	+167.84	-128.81
5	+ 8.77	+64.34	-40.75	+131.39	- 98.52
6	+25.18	+74.07	-32.55	+130.88	- 75.32
7	+23.18	+61.46	-36.84	+121.26	- 90.14
8	+34.96	+128.68	-46.57	+235.54	-113.78
9	+14.38	+109.94	-57.36	+234.69	-152.03
10	+21.58	+72.48	-30.82	+125.85	- 68.48
11	+26.32	+53.10	-23.19	+90.13	- 51.22
12	+41.94	+94.38	-26.61	+150.00	- 65.33
13	+29.46	+121.57	-47.31	+226.53	-115.27
14	-----	-----	-----	-----	-----
15	+51.33	+35.58	+10.72	+23.47	- 19.16
16	+13.20	+35.46	-11.11	+56.04	- 26.31
17	-----	-----	-----	-----	-----
18	+46.41	0	+8.88	+14.33	+ 20.06
19	-----	-----	-----	-----	-----
20	-----	-----	-----	-----	-----
21	+10.45	+74.02	-34.81	+149.11	- 76.70

En la tabla anterior se puede notar como las mezclas 2, 4, 5, 6, 8, 9, 13, 14, 17, 19, 20 y 21 son las que presentan una mayor variación con respecto a un blanco, por lo cual se tomó la decisión de realizar alveogramas de los oxidantes diluidos en almidón y poder observar su efecto a diferentes concentraciones. Esta metodología nos llevará a obtener una formulación con buen efecto y un costo competitivo. El costo de algunas de las formulaciones que se realizaron es muy elevado en comparación con la formulación comercial (1), utilizada actualmente en el mercado. La fórmula

comercial (2) es una formula nueva que se esta probando en el mercado, y por lo tanto no podemos decir que sea una formula representativa para compararse. El costo de esta segunda formula comercial es demasiado elevado y posiblemente su aplicacion no pueda realizarse en el molino sino directamente en la industria pastera.

El producto buscado, debia de tener un costo accesible para la industria molinera ya que como se sabe, el precio de la harina esta controlado por el gobierno. Por tales circunstancias, se busco que el costo de el mejorante desarrollado no fuese mayor a los 7 mil pesos.

De esta manera, al comparar las variaciones de los efectos a diferentes concentraciones de las mezclas seleccionadas, se observa como, en la mayoria de los casos, esta variacion es directamente proporcional al costo, es decir que, se obtiene un mayor efecto alveografico a un mayor costo.

Ayudandonos con las graficas 1-14 obtenidas de la tabla 21 en donde se encuentran los parametros W y F/G contra concentracion, es decir, contra las diluciones de cada una de las mezclas, podemos proyectar una imagen mas clara sobre los cambios que se van produciendo en la harina al ir aumentando la concentracion de cada una de las mezclas seleccionadas. Se puede observar asi mismo, como, en la mayoria de los casos, el cambio mas importante de F/G y/o W se produce entre las diluciones al 40 y 60% (ver tabla 22).

Se han determinado a lo largo de este estudio los parametros W y F/G por considerarse los parametros mas importantes debido a que estos involucran a los demas parametros como son L, F y G. Por medio de W y F/G se puede llegar a determinar la fuerza de la harina y el equilibrio existente entre la tenacidad y la expansion de la masa, en donde a esta ultima se le conoce como "elasticidad".

En algunos casos el F/G no se pudo graficar cuando la dilucion de la mezcla era mayor al 40%, esto se debio a que el F/G de la harina testigo estaba alto en comparacion del testigo que se utilizo cuando se probó la mezcla sin diluir.

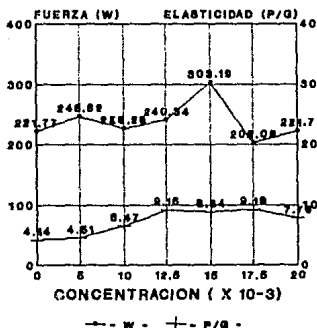
TABLA 21 MEZCLAS SELECCIONADAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES.

MEZCLA.		%	g	W		P		G		P/G		L	
No.	OXIDANTES			P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
22	DE MEZCLA No. 2	20	0.005	221.7	246.6	77.00	84.50	18.56	18.70	4.14	4.51	69.50	71.00
23		40	0.01	"	226.2	"	99.60	"	15.40	"	6.47	"	40.00
24		50	0.0125	"	240.3	"	125.6	"	13.66	"	9.15	"	37.50
25		60	0.015	"	303.2	"	132.6	"	15.83	"	8.84	"	46.00
26		70	0.0175	"	282.1	"	118.6	"	12.90	"	9.19	"	34.00
27		80	0.020	"	221.7	"	111.3	"	14.33	"	7.76	"	41.50
28	DE MEZCLA No. 4	20	0.005	272.0	261.2	81.33	99.33	20.00	16.00	4.06	6.20	81.00	52.00
29		40	0.01	"	274.8	"	114.8	"	15.63	"	7.29	"	49.70
30		50	0.0125	"	261.3	"	119.6	"	13.90	"	8.60	"	39.50
31	DE MEZCLA No. 5	20	0.005	283.7	219.5	83.33	83.66	15.75	15.43	5.29	5.42	50.00	40.00
32		40	0.01	"	224.8	"	182.8	"	13.96	"	7.30	"	39.50
33		60	0.015	"	282.2	"	130.8	"	15.00	"	6.51	"	50.50
34		80	0.02	"	207.2	"	121.8	"	13.10	"	9.23	"	34.50
35	DE MEZCLA No. 6	20	0.005	240.1	240.9	76.66	94.66	19.00	15.63	4.83	6.05	73.30	49.70
36		40	0.01	"	289.3	"	100.7	"	14.13	"	7.12	"	40.50
37		50	0.0125	"	221.1	"	106.3	"	14.06	"	7.55	"	40.00
38		60	0.015	"	256.7	"	109.7	"	14.33	"	7.65	"	41.50
39		70	0.0175	"	210.6	"	110.8	"	12.76	"	9.24	"	33.00
40		80	0.02	"	217.1	"	113.7	"	13.16	"	8.63	"	34.90
41	DE MEZCLA No. 8	20	0.005	210.3	229.5	76.33	89.33	10.83	15.43	4.23	5.70	66.00	40.00
42		40	0.01	"	210.8	"	113.3	"	13.16	"	8.60	"	34.90
43		60	0.015	"	—	"	—	"	—	"	—	"	—
44	DE MEZCLA No. 9	20	0.005	210.3	263.0	76.33	93.66	10.83	15.83	4.23	5.91	66.00	50.52
45		40	0.01	"	201.6	"	119.7	"	12.73	"	9.40	"	32.90
46		60	0.015	"	—	"	—	"	—	"	—	"	—
47	DE MEZCLA No. 13	20	0.005	246.2	263.0	76.00	95.00	19.20	16.00	3.95	5.93	75.00	52.00
48		40	0.01	"	271.1	"	124.7	"	13.10	"	9.95	"	34.50
49		60	0.015	"	—	"	—	"	—	"	—	"	—

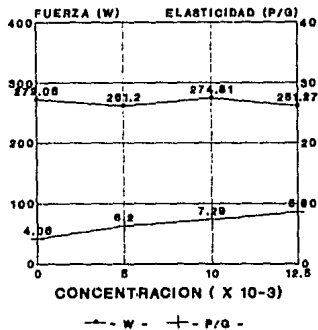
MEZCLA.		%	G	W		P		G		P/G		L	
NO.	OXIDANTES			P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
50	DE MEZCLA No. 14	20	0.005	246.2	250.0	76.00	83.00	19.20	10.00	3.95	4.61	75.00	65.90
51		40	0.01	"	218.6	"	115.7	"	13.33	"	8.67	"	35.60
52		50	0.0125	"	303.7	"	142.0	"	14.26	"	9.95	"	41.00
53	DE MEZCLA No. 17	20	0.005	272.1	275.3	81.33	97.66	20.00	16.36	4.07	5.96	81.00	53.30
54		40	0.01	"	239.1	"	114.3	"	13.60	"	8.41	"	37.30
55		50	0.0125	"	236.6	"	109.7	"	14.06	"	7.79	"	40.20
56	DE MEZCLA No. 19	20	0.005	250.2	220.50	02.00	09.33	17.96	15.56	4.16	5.74	65.50	40.00
57		40	0.01	"	283.10	"	118.0	"	14.3	"	8.25	"	47.00
58		60	0.015	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
59	DE MEZCLA No. 20	20	0.005	272.1	244.9	81.33	181.3	20.00	15.23	4.06	6.65	81.00	47.30
60		40	0.01	"	236.1	"	119.7	"	12.73	"	9.39	"	32.90
61		50	0.0125	"	255.3	"	120.7	"	13.90	"	8.60	"	39.20
62	DE MEZCLA No. 21	20	0.005	246.2	233.9	76.00	95.3	19.20	15.16	3.95	6.20	75.00	46.00
63		40	0.01	"	265.9	"	117.3	"	14.60	"	8.03	"	43.50
64		60	0.015	"	255.7	"	126.0	"	13.33	"	9.95	"	35.60
65	COMERCIAL (1)	20	0.005	203.3	222.4	77.66	02.66	16.10	16.70	4.00	4.49	52.50	56.50
66		40	0.01	"	237.2	"	06.00	"	16.46	"	5.22	"	55.00
67		50	0.0125	"	240.4	"	97.33	"	15.36	"	6.33	"	47.50
68		60	0.015	"	240.6	"	97.33	"	15.16	"	6.41	"	46.00
69		00	0.02	"	207.6	"	99.66	"	13.83	"	7.20	"	39.00
70	COMERCIAL (2)	20	0.005	232.0	235.4	03.66	90.3	17.26	16.93	4.04	5.33	60.00	50.00
71		40	0.02	"	259.7	"	100.3	"	15.46	"	6.40	"	40.50
72		60	0.015	"	276.6	"	90.0	"	17.53	"	5.13	"	62.00

GRAFICAS CORRESPONDIENTES
AL ANALISIS DE LA TABLA 21.

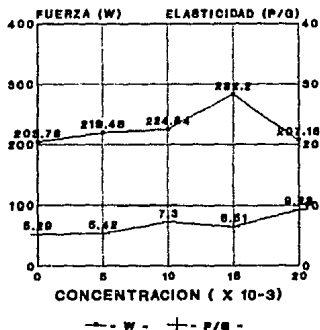
GRAFICA # 1
MEZCLA No. 2



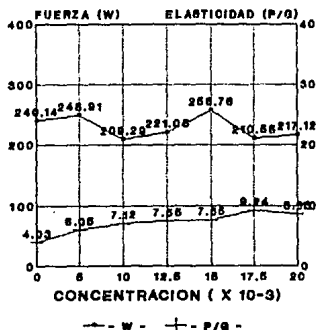
GRAFICA # 2
MEZCLA No. 4



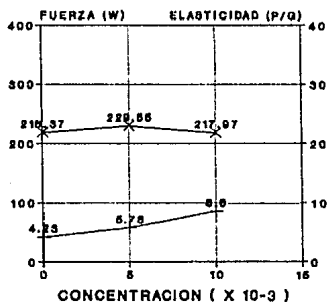
GRAFICA # 3
MEZCLA No. 5



GRAFICA # 4
MEZCLA No. 6

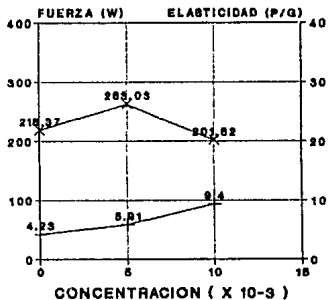


GRAFICA # 5
MEZCLA No. 8



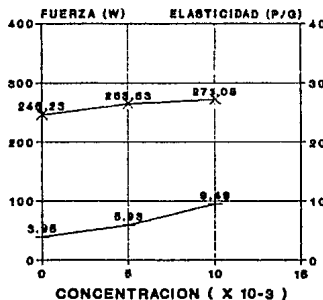
* - W - + - P/G -

GRAFICA # 6
MEZCLA No. 9



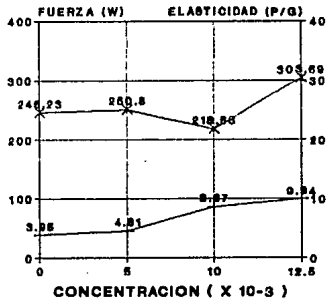
* - W - + - P/G -

GRAFICA # 7
MEZCLA No. 13



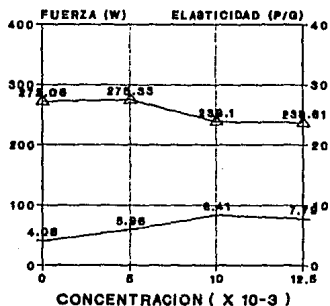
* - W - + - P/G -

GRAFICA # 8
MEZCLA No. 14



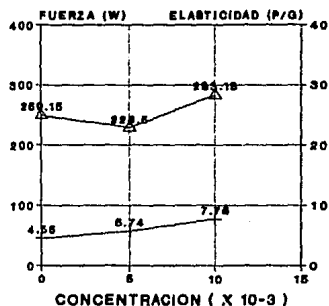
* - W - + - P/G -

GRAFICA # 9
MEZCLA No. 17



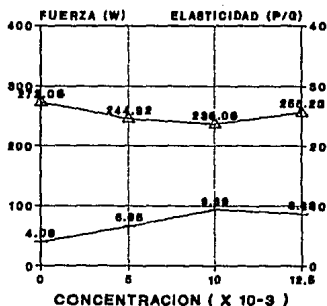
△ - W - + - P/G -

GRAFICA # 10
MEZCLA No. 19



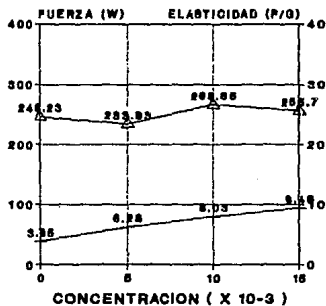
△ - W - + - P/G -

GRAFICA # 11
MEZCLA No. 20



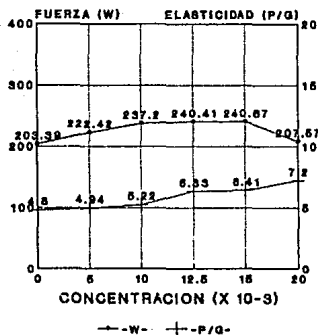
△ - W - + - P/G -

GRAFICA # 12
MEZCLA No. 21

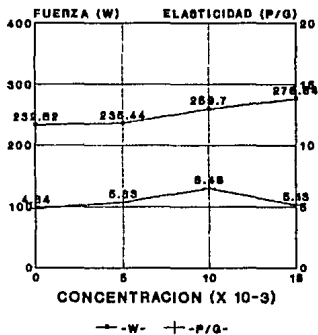


△ - W - + - P/G -

GRAFICA # 13
PRUEBA COMERCIAL (1)



GRAFICA # 14
PRUEBA COMERCIAL (2)



GRAFICA # 15
PRUEBAS FINALES

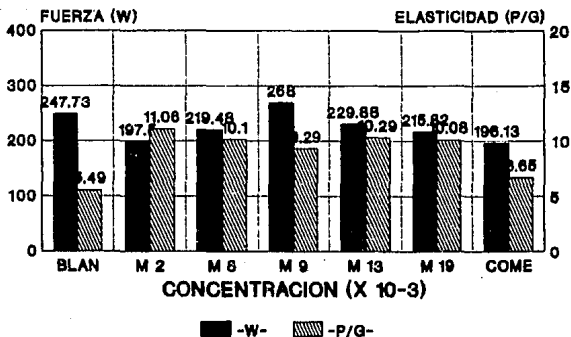


TABLA 22 Por ciento de variación de las mezclas respecto al un testigo a concentraciones entre 40 y 60%.

MEZCLA	COSTO (%)	CONC (%)	W	P	G	P/G	L
2	5,339	50	+ 8.39	+63.12	-35.87	+121.01	- 78.53
4	8,627	50	- 4.09	+47.05	-43.88	+111.82	-105.06
5	7,064.1	60	+38.53	+56.22	+ 0.31	+ 23.06	- 1.00
6	5,475	50	- 8.59	+38.66	-35.13	+ 87.34	- 83.25
8	5,446	40	- 0.13	+48.43	-37.00	+103.30	- 59.11
9	4,580	40	- 8.28	+56.82	-41.63	+122.22	-100.60
13	6,916	40	+10.11	+64.08	-46.56	+140.25	-117.39
14	8,595	50	+23.35	+86.84	-34.64	+151.89	- 82.92
17	9,741	50	-15.00	+34.88	-42.24	+ 91.40	-101.49
19	5,012	40	+13.18	+43.90	-18.15	+ 98.31	- 39.36
20	9,669	50	- 6.15	+48.40	-43.88	+113.79	-106.63
21	8,622	60	+ 3.85	+65.79	-44.03	+151.89	-110.67

Para completar el análisis y poder valorar mejor las diferentes alternativas presentes, es necesario incluir otra variable que ya hemos mencionado anteriormente, es decir, el costo. Los diversos costos de cada una de las formulaciones obtenidas, así como de sus diluciones, las podemos observar en la tabla 23.

Finalmente, con las variables, P/G, W y costo, es posible notar que las formulas 2, 8, 9, 13 y 19 ofrecieron las mejores características en cuanto a costo/calidad. Las mezclas anteriores fueron las elegidas para comprobar su calidad en el producto terminado (pastas).

Para una mayor confiabilidad de los resultados se realizó una prueba final en donde se pudo observar como los resultados de todas las mezclas están dentro de un rango bastante aceptable para una harina pastera en cuanto a fuerza y elasticidad, siendo estos rangos de 196.13 a 268.00 y 9.29 a 11.06 respectivamente, (Tabla 24 y grafica 15).

Como se había mencionado anteriormente, los resultados que da una semola proporcionada por un molino no es graficable, es decir, que al realizar el alveograma, el alveografo no puede graficar una curva de la tenacidad tan importante. Por lo tanto, se tuvo que hacer una dilución de la semola proporcionada por el molino a un 70% con 30% de harina panadera (Tabla 24). Al comparar estos resultados con los que se obtuvieron anteriormente, podemos decir que nos encontramos en rangos muy aceptables de elasticidad y fuerza.

TABLA 23 COSTOS DE MEZCLAS SELECCIONADAS.

MEZCLA			COSTO (#)
No.	%	g	POR KG
2	100	0.825	18,678.00
	80	0.82	8,542.40
	70	0.8175	7,474.60
	60	0.815	6,406.80
	50	0.8125	5,339.00
	40	0.81	4,271.20
	20	0.805	2,135.60
4	100	0.825	17,254.00
	50	0.8125	8,627.00
	40	0.81	6,981.60
	20	0.805	3,458.00
5	100	0.825	11,773.50
	80	0.82	9,418.00
	60	0.815	7,064.10
	40	0.81	4,709.40
	20	0.805	2,354.70
6	100	0.825	18,958.00
	80	0.82	8,768.00
	70	0.8175	7,665.00
	60	0.815	6,578.00
	50	0.8125	5,475.00
	40	0.81	4,388.00
	20	0.805	2,198.00
8	100	0.825	13,615.00
	60	0.815	8,169.00
	40	0.81	5,446.00
	20	0.805	2,723.00
9	100	0.825	11,458.00
	60	0.815	6,878.00
	40	0.81	4,588.00
	20	0.805	2,298.00

MEZCLA			COSTO (#)
No.	%	g	POR KG
13	100	0.825	17,298.00
	60	0.815	10,374.00
	40	0.81	6,916.00
	20	0.805	3,458.00
14	100	0.825	17,198.00
	50	0.8125	8,595.00
	40	0.81	6,876.00
	20	0.805	3,438.00
17	100	0.825	19,482.00
	50	0.8125	9,741.00
	40	0.81	7,792.00
	20	0.805	3,896.40
19	100	0.825	12,538.00
	50	0.8125	6,265.25
	40	0.81	5,812.20
	20	0.805	2,586.10
20	100	0.825	19,338.00
	50	0.8125	9,669.00
	40	0.81	7,735.20
	20	0.805	3,867.60
21	100	0.825	14,378.00
	60	0.815	8,622.00
	40	0.81	5,748.00
	20	0.805	2,874.00
COMER 1	100	0.825	4,188.00
	80		3,344.00
	60		2,588.00
	40		1,672.00
COMER 2	20		836.00
	100	0.825	76,785.00

TABLA 24 PRUEBAS FINALES.

MEZCLA		%	S	W		P		G		F/G		L	
No.	OXIDANTES			P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
73	SEMOLA	70/30	258		168.55		130.33		18.7		12.18		23.50
74	MEZCLA No. 2	50	0.8125	247.7	197.5	89.66	120.00	16.33	11.56	5.49	11.06	53.8	27.00
75	MEZCLA No. 8	50	0.8125	"	219.5	"	125.66	"	12.43	"	10.18	"	31.50
76	MEZCLA No. 9	40	0.81	"	268.0	"	127.00	"	13.66	"	9.29	"	37.55
77	MEZCLA No. 13	40	0.81	"	229.9	"	129.66	"	12.60	"	10.29	"	37.50
78	MEZCLA No. 19	50	0.8125	"	215.8	"	126.00	"	12.50	"	10.00	"	39.00
79	MEZCLA COMERCIAL 1	50	0.8125	"	196.2	"	91.00	"	13.60	"	6.65	"	37.20

En cuanto a las pruebas realizadas de cocimiento con las 5 mezclas seleccionadas, se noto la mejora de la calidad de cocimiento de cada una de ellas con respecto al blanco, en funcion de tiempo de cocimiento, tiempo de inicio de desintegracion, tiempo final de desintegracion, sedimentacion (Tabla 25).

La mejora que se obtuvo en estas pruebas fue notable, sin embargo no como se esperaba, ya que alveograficamente se obtuvieron muy buenos resultados y en estas pruebas de cocimiento los resultados no fueron tan representativos con los que da una mezcla semola/harina 70/30.

Lo anterior puede deberse a que con los mejorantes ayudamos a fortalecer la proteina de la harina, sin embargo este fortalecimiento no llega a ser tan fuerte como el que proporciona la proteina nata del cereal.

A partir de las 5 formulaciones, se realizo una ultima prueba a las 3 formulaciones que mejores resultados proporcionaron, comparandolas contra un testigo (Tabla 26), de las cuales la que obtuvo un mejor resultado fue la prueba 19, que presento, un 70% de mejora con respecto al testigo.

La mezcla de oxidantes No. 19 tiene un costo de \$ 6,265.25/ kg y la cantidad en que se emplea por kg de harina es de 0.05 g/ kg, es decir, se utilizan 5g de mejorante por 100g de harina. En las proporciones en que se emplea el mejorante, el costo viene siendo minimo y la mejora considerable.

Esta formula, al compararla con las especificaciones de la norma de harina de trigo, se encuentra de los limites permitidos; utilizando de esta manera 15 ppm de bromato de potasio, cuando la norma tiene como limite maximo 50 ppm. Lo mismo ocurre con la cantidad de azodicarbonamida, que es de 15 ppm, mientras que el limite maximo permitido es de 50 ppm. El ac. ascorbico, que se empleo en la formulacion, fue en una cantidad de 5 ppm, y esta establecido un limite maximo de 200 ppm. Por ultimo la cantidad de persulfato de amonio que se empleo fue de 15 ppm y no existe aun un limite maximo permitido registrado.

En total nuestra mezcla de oxidantes contiene 50 ppm de mejorantes por kilogramo de harina.

Por ultimo es importante hacer notar el comportamiento del fosfato disodico y del hexametrafosfato de sodio. Estos agentes tienen muy poco efecto como oxidantes, aunque el hexametrafosfato presenta un mejor efecto. Por otra parte, el persulfato de amonio mostro ser un eficiente agente oxidante, teniendo un efecto sinergico favorable al combinarse con los demas agentes oxidantes.

TABLA 25 RESULTADOS DE COCIMIENTO EN PRODUCTO ELABORADO (PASTAS).

MEZCLA	COCIMIENTO	T. INICIO D.	T. FINAL D.	SEDIMENTACION	
				Vst	%
BLANCO	11 MINUTOS	13 MINUTOS	24 MINUTOS	31 ml	7.75
19	12 MINUTOS	28 MINUTOS	36 MINUTOS	23 ml	5.75
2	13 MINUTOS	17 MINUTOS	28 MINUTOS	29 ml	7.25
BLANCO	8 MINUTOS	8 MINUTOS	24 MINUTOS	31 ml	7.75
13	12 MINUTOS	12 MINUTOS	27 MINUTOS	29 ml	7.25
8	13 MINUTOS	13 MINUTOS	37 MINUTOS	24 ml	6.8
BLANCO	9 MINUTOS	9 MINUTOS	23 MINUTOS	38 ml	7.5
9	11 MINUTOS	11 MINUTOS	34 MINUTOS	23 ml	5.75
COMERCIAL	11 MINUTOS	11 MINUTOS	26 MINUTOS	28 ml	7.88

TABLA 26 RESULTADO DE PRUEBAS SELECCIONADAS.

MEZCLA	COCIMIENTO	T. INICIO D.	T. FINAL D.	SEDIMENTACION	
				Vst	%
SEMOLA	13 MINUTOS	28 MINUTOS	1 HR. 45 MINUTOS	28 ml	5.88
BLANCO	9 MINUTOS	11 MINUTOS	25 MINUTOS	31 ml	7.75
No. 8	12 MINUTOS	12 MINUTOS	32 MINUTOS	25 ml	6.25
No. 9	13 MINUTOS	14 MINUTOS	35 MINUTOS	23 ml	5.75
No. 19	15 MINUTOS	17 MINUTOS	44 MINUTOS	23 ml	5.75

NOTAS:

T. INICIO D. = TIEMPO DE INICIO DE DESINTEGRACION.

Vst = VOLUMEN DE SEDIMENTACION TOTAL.

LA SEMOLA = 78% SEMOLA 38% HARINA.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos en la presente trabajo se puede concluir, que se logro elaborar un mejorante para harinas de trigo no semoleras utilizadas para la elaboracion de pastas alimenticias. Para este fin, se determinaron 5 formulaciones (mezclas 2, 8, 9, 13 y 19) como optimas, cuyo principio activo se compone de: ac. ascorbico, azodicarbonamida, bromato de potasio y persulfato de amonio.

Mezcla No. 2	60% de Bromato de potasio. 40% de Azodicarbonamida.
Mezcla No. 8	20% de Bromato de potasio. 30% de Azodicarbonamida. 20% de Ac. ascorbico. 30% de Persulfato de amonio.
Mezcla No. 9	20% de Bromato de potasio. 40% de Azodicarbonamida. 10% de Ac. ascorbico. 30% de persulfato de amonio.
Mezcla No. 13	20% de Bromato de potasio. 40% de Azodicarbonamida. 20% de Ac. ascorbico. 20% de persulfato de amonio.
Mezcla No. 19	30% de Bromato de potasio. 30% de Azodicarbonamida. 10% de Ac. ascorbico. 30% de Persulfato de amonio.

De estas 5 formulaciones se concluyó que alveograficamente la mezcla de agentes oxidantes que mejor reacciono fue la mezcla No. 13. Esta formula mejoro al testigo en la relacion P/G un 87.43%.

Para comprobacion de la mejora en la harina se realizaron las pruebas fisicas a las cinco formulaciones en donde se concluyo que el mejorante elaborado apartir de la mezcla No 19 fue el que ofrecio mejores resultados, aumentando en un 70% el tiempo de tolerancia de cocimiento.

Como se puede notar, la mezcla que dio mejores resultados alveograficos no coincide con la que dio mejores resultados en las pruebas fisicas: esto se debe a que no existe una relacion directa entre la modificacion de la curva alveografica y la calidad de producto terminado, es decir que el alveografo unicamente nos proporciona una alternativa de seleccion pero la variable que concluye la seleccion es la prueba realizada a la pasta final. Por otra parte, esta mezcla, No 19, nos proporciono un costo bastante accesible para el consumidor, lo cual cumple con nuestros principales objetivos, en virtud de que obtuvimos una mejora reologica y fisica de una harina de uso no convencional para la industria pastera a un costo razonable.

Por otra parte, con este estudio, el molinero o consumidor puede elegir la dosificación adecuada de la formulación propuesta en función del tipo de harina que pretenda mejorar, o bien, puede seleccionar otra resultado en este estudio. La mejor opción del molinero estará en función del costo y la calidad que requiera.

CAPITULO VIII : BIBLIOGRAFIA.

1. Stubbs y Prescott, "Manual de Metodología sobre las enfermedades de los cereales", CIMMYT, 1986.
2. Yufera Primo, "Química Agrícola III Alimentos", Alhambra. 1980.
3. Conasupo, "Clasificación del trigo", 1988.
4. American Association of cereal Chemists, "Wheat, chemistry and Technology", Hlynka 1964.
5. Apuntes Maldonado Benjamin de Curso de Farinología en Chapingo.
6. Bushuk W. "Future of Wheat breeding: A key role", The Chemist Cereal Food World, 1982.
7. SARH, "Informe de resultados de la producción agrícola, ganadera y forestal", 1981.
8. Hanson, Boulaug, Anderson, "Trigo en el tercer mundo", CIMMYT, 1985.
9. Norma Oficial Mexicana NOM-F-23-S, "Pasta de harina de trigo y/o semolina para sopa y sus variedades", SECOFI, 1980.
10. Salazar Zazueta Alfredo, "Trigos para panificación, producción, comercialización, y calidad", INIFAP, 1980.
11. Hosney R. Carl "Principles of cereal Science and technology", American Association of cereal chemists Inc. 1986.
12. Quisenberry K.S., "Wheat and wheat improvement Agronomy", American Society of agronomy, No.3, 1967.
13. Salinas Moreno Yolanda, "El trigo y su control de calidad en la liberación de variedades aptas para la industria", Programa Integración-Industrial Chapingo, 1987.
14. Norma Oficial Mexicana, NOM-F-7, "harina de trigo", SECOFI, 1982.
15. Helen Charley, "Preparación de Alimentos", Limusa, 1988.
16. Tosello André, "Las harinas en la alimentación brasilera", Reunion Latinoamericana de especialistas en la elaboración de harinas y panificación, Rio de Janeiro Brasil, 10-14 de Mayo de 1969.
17. Kent. N.L. "tecnología de los cereales", Acribia, Zaragoza España, 1971
18. Blatchford S.M. "Cereales y sus productos en Manejo de alimentos, conservación de su calidad", Pax-Mexico, Mexico 1974.

19. Carbajal Gil M. "La harina de trigo en Mexico: su calidad", PAN Mexico, 1980.
20. American Institute of Baking, "Baking Science and technology", Baking Science, 1981.
21. Pyler, "Baking Science and Technology", Siebel Publishing Co. Chicago III, 1982.
22. Ferrer R. "Fabricacion de pastas alimenticias", Serrahima y Urpi Barcelona, 1972.
23. Bushuk W. "Flour Proteins, structure and functionality in dough and bread", Cereal Foods World Vol 30 No.7, 1985.
24. Mena Navarrete Lucia, "Desarrollo de un proceso de mezclado para la elaboracion de harinas procesadas", Tesis, 1986.
25. Tsen Cho and Tu C.C., "Effects of Mixing and surfactants on Microscopic Structure of wheat glutenin", Cereal Chemistry, No.55, 1978.
26. Carvajal Gil Manuel. "Calidad de la harina de trigo", PAN No. 256, 1973.
27. Apuntes Alimentos FRAMEx. "Fabricacion de pastas para sopa", 1990.
28. Carvajal Gil Manuel, "Determinacion de la humedad del trigo y sus productos", PAN No. 362, 1983.
29. Garcia Valdez Blanca "Tecnologia para elaboracion de pastas alimenticias", Tesis, 1985.
30. Pomeranz, "Wheat Chemistry and Technology", American Association of Cereal Chemists, 1986.
31. FABriani Guissepe and Lintas Claudia, "Durum Chemistry and Technology", American Association of Cereal Chemistry, 1988
32. Antognelli C. "The manufacture and applications of Pasta as a food ingredient: review", Journal of food Technology, 1980.
33. Orea Esparza Ma. de Jesus, "Elaboracion de pastas para sopa utilizando diferentes aditivos quimicos alimenticios", Tesis, 1985.
34. Matz Samuel, "Cereal Technology", The avi Publishing company Inc. London, 1970.
35. Matsuo R.R., Irvine, "Effect of gluten on the cooking quality of spaghetti", Cereal Chemistry Vol 47 No. 2, 1970.
36. Petruzzelli, Gatta, Colaprico "Technical note: Semolina BAPA-asa activity and its possible relationship to pasta cooking quality", Journal of food Technology, Vol 16, 1981.
37. Bakshi and Bains, "Study of the physico-chemical, reological, baking

- and noodle quality of improved Durum and bread wheat cultivars", Journal of food science and technology, Vol 24 No. 3, 1987.
38. Premavalli and Arya, "Physical and Chemical changes during roasting of semolina", Journal of food technology, Vol 18 No. 4, 1983.
 39. Venkatesware Raoyer Shurpalekar, "Studies on milling and noodle making quality of different extraction rate semolinas from durum wheat", Journal of food science and technology, Vol 23 No. 3, 1986.
 40. Madhuweta, Das and Chattaraj, "Quality characteristics of noodles enriched with salt extracted fish protein". Journal of food science and technology, Vol 26 No. 5, 1999.
 41. Rao Ranga and Shupalekar, "Studies on some quality aspects of semolina from different type of wheat", Journal of food science and technology, Vol 18 No. 3, 1981.
 42. Cole, Johnson and stone, "High temperature- short time pasta processing: effect of formulation on extrudate properties", Journal of food science. vol 55 No. 6, 1990.
 43. Rodriguez Bob, "Pastas-alimento procesado de muchos disfraces", International the Gorman Publishing, Vol 5 No. 7, Agosto de 1986.
 44. Rahman Abdel, "Effect of cooking time on the quality minerals and vitamins of spaghetti produced from two italian durum wheat varieties", Journal of food technology, Vol 17 No. 5, 1982.
 45. Anonimo, "The Nutrient profile of pasta". National Pasta Association, 1984.
 46. Fabriani and lintas, Quaqlia, "Chemistry of lipids in processing and technology of pasta products", Cereal Chemistry, Vol 45 No.5, 1968.
 47. Labuza F. "Shelf life Dating of foods", Food and Nutrition Press, 1982.
 48. Carvajal Gil M., "Los aditivos (Maduradores y blanqueadores) en la harina de trigo", FAN No.20 1970.
 49. Dondeoc Martha y Cifuentes Antonio, "Uso de agentes oxidantes en la harina para panificacion", Alimentacion Latinoamericana, Vol 18 No.143, 1982.
 50. Fyler, E.J., "Baking Science and technology", Siebel publishing Co, 1982.
 51. American Institute of Baking, "Baking Science and Technology", Baking Science, 1981.
 52. Meyer Hoagland Liliana, "Food Chemistry", Van Nostrand Reinhold Company, 1970.
 53. Jackel S.S., "The importance of oxidation in breadmaking", The bakers

digest, Vol 51 No. 2, 1977.

54. Tsen, "Oxidation of sulfhydryl groups of flour by bromate under various conditions and during the bread making process", Cereal Chemistry Vol 45 No.6, 1968.
55. Walsh, Youngs, Gilles, "Inhibition of Durum wheat lipoxidase with L-ascorbic Acid", Cereal Chemistry Vol 47 No. 2, 1970.
56. Tsen, "Effects of oxidizing and reducing agents on changes of flour proteins during dough mixing", Cereal Chemistry vol 46 No. 5, 1969.
57. Prikhoda, Hampl, Holas, "Effects of ascorbic acid and potassium bromate on viscous properties of doughs measured with a Hoeppler consistometer", Cereal Chemistry Vol 48 No.1, 1971.
58. Tsen, "Oxidations of sulfhydryl groups of flour by bromate under various conditions and during the breadmaking process", Cereal Chemistry, Vol 45 No.6, 1968.
59. Brito Miranda y Romero Suñiga, "Fundamento a la tecnología de la panificación", Tesis, 1988.
60. Shuler, "Ascorbic acid as a flour improver", Technical information Roche, 1989.
61. Collocott, "Diccionario científico y tecnológico", Omega, Barcelona España, 1979.
62. Barcelo R. "Diccionario Tecnológico de química", Alhambra, España, 1982.
63. Barranco F. Roberto, "Producción y distribución del trigo en México. Industria Molinera en México", Memorias de Alimentos FRAMEX, Marzo de 1991.
64. Kirk, "Enciclopedia tecnológica de química", UTEHA.
65. Coonsell J.N. Horning "Vitamin C - Ascorbic Acid", Applied Sc. Publishers, London, 1981.
66. Hamed Faridi, "Rheology of wheat products", American Association of Cereal Science and Technology, 1985.
67. Cambelli R. F., "Fabricación de fideos y otras pastas alimenticias", Editorial Monteso, 1952.
68. Carvajal Gil M., "El alveógrafo ¿Que tan exacto es?", PAN No. 24, 1981.