

300627
2



UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**“ESTUDIO MONOGRAFICO DEL Triticum durum Y LA
ELABORACION DE PASTAS ALIMENTARIAS”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A:
YOLANDA ALONSO FERNANDEZ
Director de Tesis: M. EN C. CARLOS AGUIRRE

MEXICO, D. F.

FALLA DE ORIGEN

1995



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.

Agradezco A:

Mi Director de tesis el M. en C.
Carlos Aguirre quien me facilitó
la ayuda y apoyo necesarios para
realizar este trabajo. Y en - -
quien más que a un profesor, en-
contré un amigo.

GRACIAS.

Agradezco A:

El CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), al INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), a la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), al CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) y al IMIT, por la colaboración prestada en sus bibliotecas para la elaboración del presente trabajo.

Al Dr. Arnoldo Amaya Celis y al Dr. Roberto Peña Bautista por la orientación que me dieron sobre el tema. (CIMMYT).

Al molino San Bartolo por las facilidades que me dieron durante mi visita; y a la fábrica Nabisco en especial al Ing. Reynaldo Antiga por las facilidades que me brindaron durante mi visita a sus instalaciones.

GRACIAS

AGRADEZCO:

A mis Padres:

Porque gracias a su apoyo, confianza, consejo, sacrificio y amor he llegado a realizar la más grande de mis metas, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

A mis Hermanos:

Porque con su ayuda, comprensión y eterna alegría, me facilitaron el camino y me impulsaron a seguir adelante.

A mis Abuelos:

Porque con sus consejos y confianza siempre me animaron a seguir adelante, y con su ejemplo me enseñaron a perdonar y pedir perdón.

A mis Amigos:

Por su comprensión y ayuda, con quienes compartí todas mis alegrías e inquietudes.

A mis profesores:

Porque de ellos obtuve muchos conocimientos y en quienes encontré buenos amigos.

Mi pensamiento y gratitud también lo elevo a Dios - a quien debo mis logros y lo mejor de mí.

GRACIAS.

I N D I C E

	Pág.
OBJETIVO.....	1
INTRODUCCION.....	2

CAPITULO I GENERALIDADES

I.1	Clasificación del Trigo.....	7
1.1.1	Clasificación de las Especies del Trigo.....	7
1.1.2	Clasificación del Trigo, Según la época de Siembra.....	8
1.1.3	Clasificación del Trigo, Según la Textura del Endospermo.....	9
1.1.4	Clasificación del Trigo, Según las características molineras relacionadas con la forma de romperse el endospermo.....	10
1.1.5	Clasificación del Trigo, según la característica relacionada con sus propiedades panaderas.....	10
I.2	Zonas Trigueras en México de <u>Triticum durum</u> y producción.....	11
I.3	Medio ambiente.....	12
1.3.1	Clima.....	13
1.3.2	Suelo.....	13
1.3.3	Enfermedades.....	13
1.3.4	Tipos de Plagas.....	16
I.4	Rendimientos.....	16
1.4.1	Rendimientos en el Cultivo.....	17
1.4.2	Rendimiento en la Molienda.....	17

CAPITULO II

ESTRUCTURA Y COMPOSICION DEL TRITICUM DURUM

	Pág.
2.1 Estructura del Grano del <u>Triticum Durum</u>	20
2.2 Composición Química del <u>Triticum Durum</u>	23
2.2.1 Proteínas.....	23
a) Proteínas Totales.....	23
b) Composición de las Proteínas.....	26
c) Aminoácidos.....	27
2.2.2 Carbohidratos.....	29
a) Almidón.....	29
b) Azúcares.....	29
c) Pentosanos.....	31
2.2.3 Lípidos.....	32
a) Composición de los lípidos.....	32
b) Acidos grasos libres.....	33
c) n-hidrocarburos.....	34
2.2.4 Minerales.....	34
2.2.5 Vitaminas.....	37
2.2.6 Pigmentos.....	38
2.2.7 Enzimas e Inhibidores.....	38
a) Amilasas.....	38
b) Proteasas.....	39
c) Inhibidores de proteínasa.....	40
2.2.8 Compuestos Menores.....	40
a) Acido fenólico.....	40
b) Compuestos carbonilos.....	41

CAPITULO III
ASPECTOS NUTRITIVOS Y CALIDAD INDUSTRIAL DEL
TRITICUM DURUM

3.1 Aspectos Nutritivos de la Harina de <u>Triticum durum</u>	44
3.2 Aspectos de la Calidad Industrial del <u>Triticum durum</u>	51
3.3 Comportamiento del <u>Triticum durum</u> durante la molienda.....	54
3.3.1 Calidad del grano.....	54

	Pág.
3.3.2 Molienda.....	58
3.3.3 Producción de sémola.....	61
3.4 Pruebas reológicas del <u>Triticum durum</u>	63
3.4.1 Fuerza del Gluten.....	63
a) Método de Pelshenke.....	64
b) Método de sedimentación de Zeleny.....	64
c) Farinógrafo de Brabander.....	65
d) Alveógrafo de Chopin.....	65
e) Amilógrafo de Brabander.....	68
f) Mixógrafo.....	68

CAPITULO IV

ELABORACION DE PASTAS ALIMENTARIAS

4.1 Clasificación.....	72
4.1.1 Clasificación en Base a la Forma Impri- mida a la Pasta durante la Fabricación....	72
a) Pastas Largas.....	72
b) Pastas Cortas.....	73
4.1.2 Clasificación tomando en cuenta los ingredientes que intervienen en la formación de la masa.....	75
a) Pastas Normales.....	75
b) Pastas Enriquecidas.....	75
c) Pastas con Vegetales.....	75
4.1.3 Parámetros a tomar en cuenta para el buen control de las pastas alimentarias...	76
4.1.4 Valor nutritivo.....	77

CAPITULO V

MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA FABRICACION DE PASTAS ALIMENTARIAS

5.1 Trigo.....	79
5.2 Agua.....	79
5.3 Ingredientes Opcionales.....	81
5.3.1 Productos proteínicos.....	81
5.3.2 Productos sazonadores.....	81

	Pág.
5.3.3 Aditivos.....	82
5.3.4 Enriquecedores.....	82
CAPITULO VI	
FABRICACION DE PASTAS ALIMENTARIAS	
6.1 Proceso Discontinuo.....	84
6.1.1 Preparación de la Sémola y Dosificación..	84
6.1.2 Primer amasado.....	85
a) Cantidad de agua utilizada.....	85
b) Temperatura del agua.....	85
6.1.3 Segundo amasado o refinado.....	86
6.1.4 Prensado.....	87
a) Duración del prensado.....	88
6.1.5 Laminado discontinuo.....	88
6.2 Proceso Continuo.....	89
6.2.1 Prensado.....	89
6.2.2 Laminado continuo.....	90
6.3 Moldeado.....	91
6.4 Secado.....	92
6.4.1 Presecado y reblandecimiento.....	93
6.4.2 Secado definitivo.....	95
a) Secado definitivo en pastas cortas....	95
b) Secado definitivo en pastas largas....	95
6.5 Empacado.....	96
6.5.1 Empacado de pastas cortas.....	96
6.5.2 Empacado de pastas largas.....	97
6.5.3 Embalaje.....	97
6.5.4 Etiquetado.....	97
6.6 Producción de Pastas Alimentarias.....	98

CAPITULO VII

PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA INDUSTRIA DE LAS PASTAS ALIMENTARIAS

	Pág.
CONCLUSIONES.....	105
BIBLIOGRAFIA.....	108

INDICE DE FIGURAS

FIG.

1. Escala para Evaluar la intensidad de enfermedades foliares del trigo.....	15
2. Estructura del grano de trigo.....	21
3. Farinogramas de diferentes trigos.....	66
4. Alveograma.....	67
5. Mixograma de sémola de trigo durum con absorción constante.....	69
6. Diferentes formas de pastas.....	74

INDICE DE TABLAS

TAB.

1. Especies de trigo - Genus <u>Triticum</u>	8
2. Contenido de proteína (%) de 5 variedades de trigo duro, sembradas en 3 localidades en el norte de Dakota.....	24
3. Contenido de proteína (%) de 23 variedades de trigo duro sembradas en México.....	25
4. Distribución de proteínas separadas por solubilidad en el trigo durum y en el Trigo Rojo Duro de Primavera.....	27

TAB.

5.	Composición de aminoácidos en harinas de trigo durum y Trigo Rojo Duro de Primavera (Micromoles de aminoácidos A.A./mg \bar{n} itrógeno).....	28
6.	Carbohidratos solubles en alcohol etílico al 80%.....	30
7.	Pentosanos (%) en el trigo durum y en el Trigo Rojo Duro de Primavera.....	31
8.	Contenido de lípidos de harinas de trigo duro..	32
9.	Contenido de lípidos de harinas de trigo duro..	33
10.	Composición de ácidos grasos en harina de trigo duro.....	34
11.	Constituyentes minerales en los granos de trigo (mg/100g. de materia seca).....	35
12.	Contenido de minerales de Trigo Rojo Duro de Primavera y trigo durum.....	36
13.	Contenido de vitaminas en trigo duro (mg/100g.).....	37
14.	Composición de ácidos fenólicos en harina de trigo duro (Manitoba) (ppm).....	41
15.	Composición de carbonilos de cadena corta en harina de trigo durum (Manitoba) (ppm).....	42
16.	Contenido de calorías y nutrientes en el trigo y otros cereales.....	46
17.	Composición de aminoácidos en trigo durum (g/16g.nitrógeno).....	50
18.	Digestibilidad verdadera (DV), valor biológico (VB), proteína neta utilizada (NPU), en trigo durum.....	51
19.	Humedad óptima (%) en la molienda en diferentes tipos de trigo.....	59
20.	Composición de sémola de buena calidad.....	62
21.	Vitaminas y minerales agregadas como enriquecedores a las pastas para sopa, por cada kilogramo de producto.....	76
22.	Cantidades máximas tolerables de los compuestos que se pueden encontrar en el agua empleada en la fabricación de pastas para sopa.	80
23.	Valor de la producción anual de pastas alimentarias en el período 1975-1983.....	99

OBJETIVO

OBJETIVO

El objetivo fundamental de este trabajo es llevar a cabo una recopilación bibliográfica de la historia, desarrollo, estructura, composición, aspectos nutritivos y calidad industrial del Triticum durum y de la elaboración de pastas alimentarias, en una forma sencilla, a fin de poder ser empleadas por estudiantes, así como por diversas personas interesadas en el tema.

INTRODUCCION

INTRODUCCION

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.

Los ocho principales cereales (trigo, maiz, arroz, cebada, sorgo, avena, mijo y centeno) son la fuente principal de calorías y proteínas para la mayor parte de la población mundial. (85)

La planta del trigo es un miembro de la familia de las gramíneas, que comprende unos 600 géneros y más de 5000 especies.

La palabra trigo designa tanto la planta como sus semillas comestibles, al igual que ocurre con los nombres de otros cereales. (2)

A nivel mundial, es evidente que la producción triguera y las tierras sembradas con trigo se concentran en el hemisferio norte.

Los principales tipos de trigo comercial son el trigo harinero y el trigo duro.

El trigo harinero se cultiva en cerca del 90% del área triguera mundial. El trigo duro tiene una distribución menos extensa.

Dado que es uno de los alimentos básicos más importantes del mundo, el trigo se consume en muchas formas. Su uso más importante es la fabricación de harina, la base de todos los panes, galletas y pasteles, pero además se emplea para hacer cereales para el desayuno y pastas alimentarias.

El trigo es también una fuente comercial de almidón y se usa en una gran variedad de industrias, desde el procesamiento de alimentos hasta la fabricación de papel, desde la lavandería hasta la perforación de pozos petroleros.

Como todos los cultivos, el trigo se derivó de ancestros silvestres mediante un proceso de domesticación realizado por el hombre, que probablemente se inició en el periodo neolítico. (85)

Todos los trigos, sean silvestres o cultivados, se hallan incluidos en el género Triticum. Las especies se subdividen en tres grupos: diploides, tetraploides y hexaploides, según el número de cromosomas contenidos en sus células reproductoras (7, 14, y 21 respectivamente). Los grupos difieren también por sus características anatómicas, morfológicas y de otro tipo.

El origen de la agricultura, por ende de los cereales, su evolución y su explotación como cultivos alimenticios, data desde que el hombre se convierte en sedentario y comenzó a introducirlos para aprovecharlos en su alimentación.

El Triticum durum, llamado a veces siciliano o moruno, es de granos extraordinariamente duros, que todavía se cultiva mucho y que se consume para hacer pastas alimentarias y también las clases tradicionales de pan fermentado que comúnmente se comen en el Cercano Oriente.

El trigo se siembra para que sirva de alimento. Toda su historia, y más aún, su posición actual en el mundo giran en torno a los métodos que se han ideado para transformar los granos cosechados en materias adecuadas para el consumo diario.

Las exigencias culturales que han de satisfacerse son mu

chas y atañen a las épocas de siembra y recolección en las distintas condiciones climáticas, a la resistencia a las enfermedades parasitarias y otros riesgos, a la longitud y fortaleza del tallo más adecuadas para resistir las inclemencias atmosféricas y para la recolección mecánica y a otras muchas cualidades de interés. Igualmente importantes son -- las exigencias del mercado y del consumidor, por ejemplo, la demanda de harinas duras o blandas, fuertes o débiles, para elaborar distintas clases de productos trigueros. La clasificación del grano y la harina de trigo con arreglo a distintas propiedades y cualidades ha merecido mucha atención, tanto en el ámbito nacional como internacional. Desde el principio -- hasta el final, esto es, desde la selección y siembra de la semilla hasta el consumo en el hogar, la industria triguera -- está sometida cada vez más a la autorizada influencia de la ciencia y de la tecnología.

En los últimos tiempos el contenido de nutrientes del -- grano de trigo y los componentes de éste han sido objeto de -- detenidos estudios. Se ha reconocido su valor como fuente de -- proteínas y su superioridad en este respecto sobre la mayoría de los demás cereales. (2)

Uno de los usos del Triticum durum es para la elaboración de pastas alimentarias, cuyo origen se remonta a Japón y no a Italia, su consumo estaba muy difundido y se cree que -- Italia posteriormente las fue introduciendo en Francia.

Es Italia, el país donde la gente consume mayor cantidad de pasta, de modo que se considera un alimento básico del pueblo italiano; al principio con un alcance puramente familiar, que luego fue extendiéndose hasta figurar como plato obligado en todas las minutas de los restaurantes de todo el mundo de civilización europea.

Las pastas alimentarias se elaboraban en Italia amasando

harina o sémola procedente de la molturación de trigos duros con agua potable, en la proporción de 70 a 80% de harina con 20 a 30% de agua, como término medio, y con la adición de - - otros productos, para mejorar su calidad, capacidad nutritiva, presentación o conservación. (19)

En la actualidad, las pastas alimentarias se encuentran difundidas en diversos países del mundo, gracias a factores - que conciernen tanto a las pastas como a la materia prima, el trigo.

Algunas características que han contribuido a ello pueden ser:

- Que son producidas en gran número y con diferentes formas.
- Las pastas alimentarias se adaptan a los diferentes gustos, por la facilidad de preparación y diversidad de condimentos.
- Un tiempo de preparación corto, que varía entre 5 y 20 minutos, según la forma de la pasta.
- El trigo, del que se obtiene la materia prima es el cereal más difundido y de mayor producción en el mundo. (56)
- Tienen una prolongada vida de anaquel. (63)
- Además tiene un alto contenido calórico. (38)

Todas estas características, explican el por qué las pastas alimentarias son consumidas en países de costumbres alimentarias tan distintas. (56)

CAPITULO I

GENERALIDADES

CAPITULO I

GENERALIDADES

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas sobresaliendo sobre todas las plantas utilizadas como alimentos. A los granos comestibles de especies de esta familia se les llaman cereales. Entre los cereales más importantes destacan, el trigo, el maíz y el arroz.⁽⁵⁷⁾

Todos los trigos silvestres y cultivados pertenecen al género Triticum.

La mayor parte del trigo en el mundo es hexaploide como Triticum aestivum, cuyo grano puede tener una textura dura o suave y el color ser café rojizo o blanco.

Un tipo de trigo tetraploide es el trigo duro o también conocido como Triticum durum, el cual se utiliza para la elaboración de pastas alimentarias y es de color ámbar o café rojizo.⁽⁴⁰⁾

1.1 Clasificación del Trigo.

1.1.1 Clasificación de las Especies de Trigo.

Del género Triticum se conocen comúnmente 14 especies. Las especies se subdividen en tres grupos: diploides, tetraploides y hexaploides, según el número de cromosomas contenidos en sus células reproductoras (7, 14 y 21, respectivamente) como se observa en la Tabla 1.⁽²⁾

Tabla 1.- Especies de trigo - Genus Triticum.

Especie	Nombre latino	Nombre común	Número de cromosomas
Diploides	<i>T. aestivoides</i>	Escaña silvestre	7
	<i>T. monococcum</i>	Escaña menor	7
Tetraploides	<i>T. dicoccoides</i>	Almidonero silvestre	14
	<i>T. dicoccum</i>	Almidonero	14
	<i>T. durum</i>	Trigo duro, moruno o siciliano	14
	<i>T. persicum</i>	Trigo de Persia	14
	<i>T. turgidum</i>	Trigo redondillo, redondillo velloso, jeja de monte o trigo de grano giboso	14
	<i>T. polanicum</i>	Trigo polaco	14
	<i>T. timopheevi</i>	Carece de nombre común	14
Hexaploides	<i>T. aestivum</i> o <i>vulgare</i>	Trigo candeal	21
	<i>T. sphaerococcum</i>	Trigo indio o enano	21
	<i>T. compactum</i>	Trigo racimoso	21
	<i>T. spelta</i>	Escanda, escaña mayor o espelta	21
	<i>T. macha</i>	Trigo macha	21

Ref. Aykrod, W. and Voughty, J. 1970. (2)

Un trigo tetraploide es el Triticum durum el cual es conocido comúnmente como trigo duro, moruno o siciliano, y el número de cromosomas en sus células reproductoras es de 14, al igual que el Triticum dicoccoides o trigo almidonero silvestre, Triticum dicoccum o trigo almidonero, Triticum polanicum o trigo polaco. (2)

1.1.2 Clasificación del Trigo según la época de siembra.

Cuando la semilla se siembra al final del otoño es trigo de invierno y cuando se siembra en primavera es trigo de primavera.

FALLA DE ORIGEN

Trigo de invierno.- El grano no germina en otoño y crece despacio hasta la primavera, al crecer en climas de temperatura y pluviosidad más constantes, madura más despacio, produciendo mayores rendimientos y un producto de menor contenido protéico, más apto para la elaboración de galletas y pasteles que para pan.

Trigo de primavera.- El trigo se siembra en primavera lo más pronto posible, de forma que la recolección pueda efectuarse antes de los primeros hielos de otoño.

Las condiciones climáticas de los países donde se cultiva este trigo -máxima pluviosidad en primavera y comienzo del verano, y máxima temperatura a mitad y final del verano- favorecen la producción de granos de maduración rápida con endospermo de textura vítrea y elevado contenido protéico, muy adecuados para panadería. (50)

1.1.3 Clasificación del Trigo, según la textura del endospermo.

Trigos vítreos y harinosos.- La textura del endospermo puede ser vítrea (accerada, cristalina, córnea) o harinosa (almidonosa, yesosa).

El carácter vítreo o harinoso es hereditario, pero también está influenciado por las condiciones ambientales. El Triticum durum es una especie de estructura vítrea, más los utilizados en elaboración de pan y galletas la tienen harinosa.

El carácter harinoso se favorece cuando hay una pluviosidad elevada, y suelos ligeros y arenosos, estos granos son característicos de las variedades que crecen despacio y tienen un largo período para madurar, además de tener un elevado rendimiento.

El carácter vítreo se puede inducir con abonos nitrogenados o fertilizantes comerciales y está estrechamente relacionado con un elevado contenido en proteína.

Los granos vítreos son translúcidos y aparecen brillantes, mientras los harinosos son opacos y aparecen oscuros. (50)

1.1.4 Clasificación del Trigo, según las características molineras relacionadas con la forma de romperse el endospermo.

Trigos duros y blandos.- La dureza y blandura son características molineras relacionadas con la forma de romperse el endospermo.

Los trigos duros proporcionan una harina de tamaño grande, arenosa y fácil de cerner, formada por partículas de forma regular que son en su mayoría células enteras del endospermo; los trigos blandos dan una harina muy fina formada por fragmentos irregulares de las células del endospermo (además fragmentos muy pequeños y gránulos de almidón) y partículas planas que se adhieren unas a otras, se cierran con dificultad y tienden a obturar las aberturas de los cedazos.

La dureza afecta a la facilidad con que el endospermo se separa del salvado. En los trigos duros las células del endospermo se separan con mayor limpieza y permanecen más intactas mientras en los trigos blandos las células periféricas del endospermo tienden a fragmentarse y mientras unas se separan otras quedan unidas al salvado. (50)

1.1.5 Clasificación del trigo, según la característica relacionada con sus propiedades panaderas.

Trigos fuertes y flojos.- La fuerza del trigo es una característica relacionada con sus propiedades panaderas, es decir la aptitud o capacidad de una harina para producir pan en

piezas de gran volumen con miga de buena textura. Los trigos que poseen estas características generalmente tienen un elevado contenido en proteínas y se les llama trigos fuertes o trigos de fuerza, mientras que aquellos de los que sólo se puede obtener pequeñas piezas panarias con miga de estructura basta y abierta, y que generalmente se caracteriza con un bajo contenido en proteínas, reciben el nombre de trigos flojos y su harina es ideal para la fabricación de galletas, así como también la elaboración de pastas de té, pasteles, bollos, etc., - pero inadecuada para la elaboración del pan. Otros rasgos característicos de las harinas procedentes de trigos duros son su capacidad para admitir cierta proporción de harinas flojas. Los granos vitreos tienden a ser duros y fuertes, los harinosos blandos y débiles pero la asociación no es invariable. (50)

1.2 Zonas Trigueras en México de Triticum durum y Producción.

La necesidad de satisfacer la demanda cada vez mayor de alimentos en las últimas décadas ha aumentado debido a la explosión demográfica y a la mala distribución económica entre naciones, forzando a los gobiernos de países en vías de desarrollo y subdesarrollo a fijar su atención en los programas de desarrollo agrícola, como medio viable para lograr la autosuficiencia en el renglón alimentario.

El trigo es uno de los cereales más importantes por su volumen de producción. En el mundo se estimó una producción de 503 millones de toneladas en 1986.

La diferencia en condiciones climáticas que se presentan de una región a otra del país, los diferentes tipos de suelo y el manejo agronómico del cultivo, pueden modificar considerablemente algunas características tales como el ciclo de vida de la planta, la altura y el tamaño de la espiga y del grano, y por consiguiente la producción.

En el noroeste de México, en el estado de Sonora, se obtiene aproximadamente el 50% de la producción nacional de trigo; algunas variedades de trigo duro tales como Cocorit C71, Mexicali C75, Yavaros C79 y Altar C84, se han cultivado con éxito, llegando en ocasiones a cubrir hasta el 30% del área triguera; éstas variedades se adaptan y mantienen rendimientos atractivos y resisten adecuadamente a las enfermedades más comunes del trigo en la región.⁽⁴³⁾

El cultivo de invierno en el estado de Sonora en el ciclo 1982-83 tuvo una superficie triguera de 292,630 hectáreas.

En el Valle del Mayo el trigo ocupa alrededor del 50% del área de siembra; la superficie de este cereal se estima en 44,452 hectáreas en promedio, con un rendimiento de 4.1 toneladas por hectárea.⁽⁴²⁾

Algunas de las regiones de Sonora donde se siembra el trigo duro son:

-Costa de Hermosillo y Valle del Yaqui, donde se siembran algunas variedades como Altar C84 y Yavaros C79.⁽⁴³⁾

-En el Valle del Mayo se siembran algunas variedades como Mexicali C75 y Yavaros C79.⁽⁴²⁾

Así como también la variedad Mexicali C75 se siembra en la región del Bajío en el Estado de Guanajuato, donde por ejemplo durante el ciclo de invierno 1982-83 se cosecharon 77,753 hectáreas con un rendimiento de 4.26 toneladas por hectárea y un valor de cosecha superior a los 4.245 millones de pesos.⁽⁴¹⁾

1.3 Medio Ambiente.

El Trigo se cultiva prácticamente en todo el mundo desde las proximidades de las tierras árticas hasta cerca del ecua-

dor, aunque los mejores cultivos se consiguen entre los 30° y 60° de latitud norte y los 27° y 40° de latitud sur. En cuanto a altitud, comienza a nivel del mar hasta en Kenya y en el Tibet. Las variedades cultivadas que son de muy diferente -- genealogía, al crecer en las más distintas condiciones de suelo y clima producen las características más variadas. (50)

1.3.1 Clima.

El trigo florece tanto en los climas subtropicales como en los templados y en los fríos. Una lluvia anual de 230 a - 760 mm., cayendo más en primavera que en verano parece ser la más apropiada. La temperatura media del verano debe ser de - 13°C o más. (50)

1.3.2 Suelo.

El trigo crece mejor en los pesados de marga (compuestos de arcilla y carbonato de cal), aunque produce un rendimiento satisfactorio en los ligeros. La planta necesita un fuerte - aporte nitrogenado. El nitrógeno absorbido por la planta de trigo durante las primeras fases de crecimiento aumenta el -- rendimiento en grano, pero si lo toma después del espigado -- produce un aumento de proteína en la semilla, con la consi- -- guiente mejora de su valor nutritivo. (50)

1.3.3 Enfermedades.

En general las enfermedades que atacan al trigo duro son debido a los hongos, los organismos patógenos más dañinos - - pues disminuyen el rendimiento del trigo duro que atacan. En tre las enfermedades más importantes están: las Royas, Tizón, Mildew, Septoria, Fusarium, Cladosporium, Helminthosporium.

Los Tizón atacan el ovario de las plantas impidiendo la producción de semillas.

El Mildew infecta a las hojas de las plantas con manchas gris-blanquecinas y al igual que las Royas impide la fotosíntesis y la planta muere.

Fusarium y Hemintosporium atacan a la planta.

Septoria y Cladosporium atacan al grano.

Las Royas aparecen en las hojas como manchas amarillo-anaranjadas brillantes que conforme aumentan impide la fotosíntesis en las hojas y la planta muere.

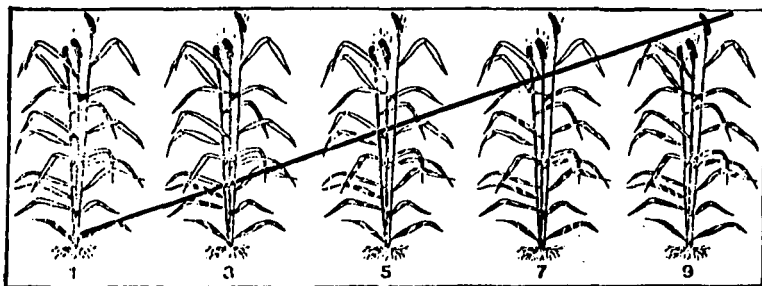
Con el nombre común de Royas se hace referencia a tres especies diferentes de hongos pertenecientes a un mismo género: Puccinia graminis (roya del tallo), Puccinia recondita (roya de la hoja) y Puccinia striiformis (roya lineal amarilla). (7,8,9,10,11,12,13,14,15,50,67,77,85)

Como se muestra en la Figura 1 la escala para evaluar la intensidad de enfermedades foliares del trigo es la siguiente:

- 0 Libre de Infección.
- 0E Libre de infección, pero probablemente representa un escape.
- 1 Resistente: Unas pocas lesiones aisladas sólo sobre las hojas más bajas.
- 2 Resistente: Lesiones dispersas sobre el segundo grupo de hojas ligeramente infectadas.
- 3 Resistente: Leve infección del tercio inferior de la planta; hojas más bajas infectadas en grados entre moderados y graves.
- 4 Moderadamente resistente: Infección moderada en las hojas bajas; infección dispersa y leve que se extiende a las hojas inmediatamente debajo de la mitad de la planta.
- 5 Moderadamente sensibles: Infección grave de las hojas bajas; infección entre moderada y leve que se ex

tiende sólo hasta la mitad de la planta.

Figura 1.- Escala para evaluar la intensidad de enfermedades foliares del trigo.



Ref. Prescott, J., Burnett, p., Saari, E. et al. 1986 (77)

- 6 Moderadamente sensible: Infección grave del tercio inferior de la planta, moderada en las hojas del medio y lesiones dispersas más allá del medio de la planta.
- 7 Sensible: Lesiones graves en las hojas bajas del medio con infección que se extiende hasta la hoja que está debajo de la hoja de bandera o con infección mínima de la hoja de bandera.
- 8 Sensible: Lesiones graves en las hojas de abajo y del medio; infección entre moderada y grave del tercio superior de la planta; hoja de bandera infectada en un grado superior al mínimo.
- 9 Muy sensible: Infección grave de todas las hojas; espiga también infectada en cierto grado.
- X No es posible hacer un cómputo a causa de la necrosis causada por otros factores de enfermedad. (77)

1.3.4 Tipos de Plagas.

Las principales plagas que atacan al trigo son: el gusano soldado de punta Psudaletia unipuncta, pulgón de la raíz - Rhopalosiphum rufiabdominalis, pulgón verde del trigo Schizaphis graminum, pulgón de la espiga Macrosiphum avenae, M. graminum, y el pulgón del cogollo Rhopalosiphum maidis.

El control de las plagas se lleva a cabo con productos químicos comerciales en dosis adecuadas, y aplicados en la época correcta, dependiendo del tipo de plaga que se trate; por ejemplo: La plaga de Schizaphis graminum es atacada con el producto comercial Dimetoato 40%E, en dosis de un litro por hectárea, aplicado antes del espigamiento. (41,42)

1.4 Rendimientos.

El programa de Mejoramiento Genético del Trigo en México ha dado especial importancia a la formación de variedades de trigo de alto rendimiento agrícola, amplia adaptación genético-ambiental, de buena calidad para los diferentes usos que se les da a las harinas, sin olvidar la calidad alimenticia.

El INIA (Instituto Nacional de Investigación Agrícola), el CIMMYT (Centro Internacional del Mejoramiento del Maíz y Trigo) son entidades responsables en México de los programas de el mejoramiento genético, para obtener variedades de trigo de un alto grado de adaptabilidad y rendimiento.

El principal objetivo del agricultor es obtener el máximo rendimiento de trigo.

Tanto el rendimiento como la calidad del trigo vienen influenciados por las condiciones del suelo, clima y cuidados culturales. (50)

1.4.1 Rendimientos en el Cultivo.

El rendimiento del grano es el factor económico más importante para el agricultor, el cual es afectado por el tipo de variedad, condiciones ambientales y por características -- morfológicas de la planta como son: el amacollamiento (producción de espigas), la longitud y densidad de la espiga, el número de granos por espiguilla o el tamaño del grano. Especialmente para el rendimiento potencial y su adaptabilidad a las condiciones ambientales, tales como suelo y manejo del -- grano, se toman en cuenta condiciones ambientales como duración del día, cantidad y distribución de la precipitación, -- fluctuaciones de la temperatura y propiedades del suelo, finalmente prácticas de uso y tecnología en general. Particularmente, el tiempo y la velocidad de germinación y las prácticas de fertilización, así como la respuesta al nitrógeno, -- son características que pueden ser afectadas por esos factores ambientales.

El rendimiento del grano es un carácter complejo, heredado cuantitativamente e influenciado grandemente por el medio ambiente y dicho rendimiento puede ser reducido por algún factor o patógeno común a un gran número de ambientes probados, -- en el que la variedad en cuestión es resistente. (46,95)

1.4.2 Rendimiento en la Molienda.

La dureza y la humedad del grano son de suma importancia ya que de ello depende el estado físico del grano en el proceso de molienda. Este estado físico influye en la facilidad -- de molienda y en el grado de separación de harinas y salvados. Tanto la forma, el tamaño y la densidad del grano afectan los rendimientos harineros.

El peso hectolítrico es uno de los criterios de la calidad del trigo más comúnmente usados y simples, ya que mide el

peso volumétrico del trigo y permite estimar el rendimiento potencial en harina de un tipo de trigo. Este valor es afectado por la forma en que se acomodan los granos en el recipiente cuando se realiza dicho análisis y también es afectado por el tamaño, uniformidad, diámetro y espesor del pericarpio del grano. (83,96)

La dureza de un trigo depende parcialmente de su contenido de humedad. Los trigos duros son más populares que los blandos porque la dureza generalmente denota fuerza del gluten. (96)

Los trigos duros dan mayores rendimientos harineros que los trigos suaves. Esto es debido a que los trigos duros pueden aceptar mayores contenidos de humedad que los suaves, lo cual permite aumentar el rendimiento. Además la fractura de los granos duros se efectúa frecuentemente a lo largo de las paredes celulares permitiendo una buena separación del salvado. En cambio, en los granos suaves la ruptura es al azar dando harina muy fina, la cual está formada por fragmentos irregulares de células del endospermo y partículas aplanadas que se adhieren, haciendo más difícil la separación del salvado. (84)

Es deseable que las variedades de trigo tengan un alto rendimiento de harina, ya que es el producto industrial más remunerado. Los trigos harineros bien acondicionados y molidos en condiciones determinadas, rinden relativamente más harina con menor contenido de cenizas y de color. (36,76)

CAPITULO II

ESTRUCTURA Y COMPOSICION DEL TRITICUM DURUM

CAPITULO II

ESTRUCTURA Y COMPOSICION DEL TRITICUM DURUM

2.1 Estructura del Grano del Triticum durum.

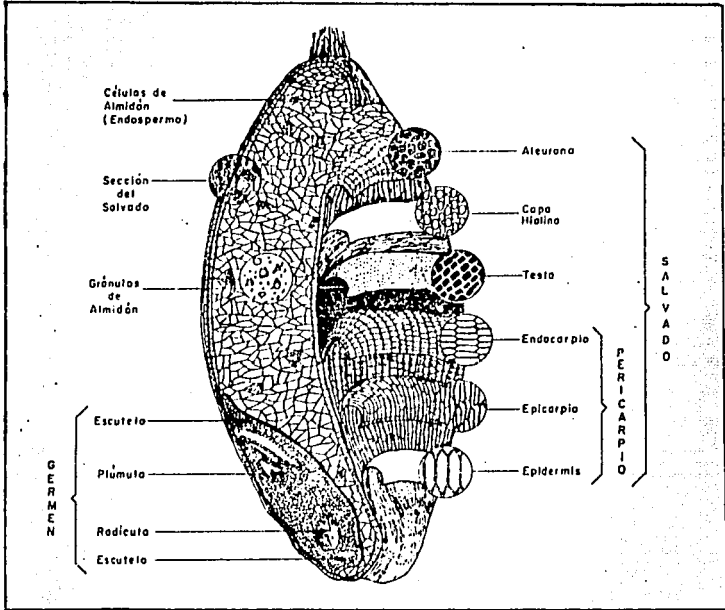
El grano del trigo es una cariósipide desnuda (las glumelas se separan del grano durante la trilla), consiste de una cubierta (pericarpio) y la semilla, la que está cubierta por una envoltura, además comprende el germen y el endospermo; el grano es de forma ovoide, redondeados en ambos extremos. El germen se encuentra en uno de ellos, y en el otro un penacho de finos pelos; estas estructuras están ilustradas en la Figura 2.

Alrededor del grano está el pericarpio, dividido en epidermis, epicarpio y endocarpio; es una pared de células rectangulares, delgadas y largas; sus capas externas frecuentemente se desprenden durante la limpieza, acondicionamiento o molienda. Esta parte tiene una distribución en el grano de un 5 a 8%.

La testa o cubierta de la semilla es una capa impermeable, fina, sencilla o doble con estructura celular. La capa interior de la testa está pigmentada y da al grano su color característico. La capa hialina es incolora y no posee estructura celular.

La aleurona es una capa sencilla formada por células cúbicas de paredes gruesas, cuyo contenido está libre de almidón pero es rico en proteína y grasa, morfológicamente es la parte más externa del endospermo y constituye un 6 a 7% del grano. Durante la molienda, las capas externas se remueven junto con la aleurona para dar la fracción denominada salvado.

Figura 2.- Estructura del grano de trigo.



El endospermo está constituido de células empaçadas en gránulos de almidón incrustados en una matriz proteica; las células cercanas a la aleurona son pequeñas y cúbicas y las del centro largas y poligonales y constituyen un 81 a 83% del grano. La parte externa tiene un contenido de proteína aproximadamente del 50% y la central del 8%.

FALLA DE ORIGEN

El germen está constituido por dos partes, el eje embriónico que se desarrolla hasta dar lugar a la planta y que está formado por la plúmula y la radícula; y el escutelo, órgano en forma de escudo situado entre el eje y el endospermo y que tiene como función movilizar las reservas alimenticias almacenadas en el endospermo y enviarlas al embrión cuando el grano germina. El germen constituye el 1 al 1.5% y el escutelo del 1 al 2% del grano. El eje y el escutelo son ricos en proteínas y grasa. (2,24,40,47,50)

En las semillas maduras el embrión (o germen) se encuentra en estado de vida latente durante el cual sus células no se dividen y apenas si efectúan la respiración y la nutrición debido al bajo nivel de hidratación de la semilla, pero tan pronto como ésta encuentra las condiciones propicias (agua, aire y temperatura adecuada) para germinar, dichas células comienzan una vida muy activa: la respiración se incrementa enormemente y comienzan a producirse una serie de cambios químicos de naturaleza compleja que son los siguientes: 1) rompimiento de materiales de reserva de la semilla como son carbohidratos, lípidos, proteínas (cuando la semilla se hidrata entra en acción una hormona, la giberelina que es secretada por las células del embrión y por cuya acción empieza a secretarse alfa-amilasa que actúa hidrolizando el almidón del endospermo convirtiéndolo a glucosa; también a partir de las reservas de alcurona se forman aminoácidos como por ejemplo: triptófano, a partir del cual se forma ácido indol acético cuya acción hace que se alarguen las células y que el embrión crezca); 2) transporte del material de una parte de la semilla a otra, especialmente del endospermo al embrión o de los cotiledones a las partes en crecimiento y 3) finalmente la síntesis de nuevos materiales a partir de los elementos formados durante el rompimiento de las reservas. También las células embrionarias empiezan a sintetizar citocininas, las cuales producen una rápida división celular. Dentro de los materiales que se sintetizan se encuentran las proteínas. (2,6,18,20,27,59,73,97)

2.2 Composición Química del Triticum durum.

2.2.1 Proteínas.

Las proteínas se encuentran en todos los tejidos de los granos de cereales, existiendo mayores concentraciones en el embrión, escutelo y capa de aleurona que en el endospermo, pericarpio y testa. Dentro del endospermo las concentraciones aumentan del centro a la periferia.

En el endospermo hay un 72%, en el salvado un 20% y en el germen un 8%. (50,75)

a) Proteínas Totales.

En 1969, en el laboratorio de Calidad de Proteínas del CIMMYT, se analizaron veintitres variedades de trigo duro recogidas de la cosecha de Ciudad Obregón, bajo la dirección de Evangelina Villegas y colaboradores, indicando contenidos de proteína en estos trigos duros con un rango que varió entre 9.5 a 17.1% del peso total del grano, con un nivel promedio de 13.5%. Estas variedades se seleccionaron antes de su determinación de proteína de acuerdo a parámetros como: adaptación y mejor rendimiento durante ese año; sin embargo el contenido de proteína de cinco variedades de trigo duro sembradas en el norte de Dakota fueron mayores cuyo rango varió de 13.8 a 19% del peso total del grano, con un nivel promedio de 17.5%. (88)

Los resultados se observan en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2.- Contenido de proteína (%) de cinco variedades de trigo duro, sembradas en 3 localidades en el norte de Dakota.

	Minot	Wells	Lakota	Stewart 63	Leeds
Edgley					
Proteína %	16.5	19.2	18.8	18.9	19.9
Fargo					
Proteína %	13.8	16.0	16.2	15.5	16.0
Minot					
Proteína %	18.4	17.3	16.1	16.8	18.6

Ref. Villegas, Evangelina y colaboradores. 1970. (88)

Las proteínas totales son afectadas por la localización del cultivo, por ejemplo: en parcelas de campos estándares se utilizó el fertilizante óptimo requerido por el trigo duro y de acuerdo a la localidad, la proteína de el grano del trigo varió entre las localidades.

El contenido de proteína en los granos sembrados en diferentes localidades en las mismas condiciones muestran siempre una variación en el contenido de proteína total.

Con esto se llega a la conclusión que el contenido de -- proteína del trigo duro se ve afectado por las condiciones -- agronómicas y climatológicas. (81)

FALLA DE ORIGEN

Tabla 3.- Contenido de proteína (%) de veintitres variedades de trigo duro sembradas en México.

Varietad	Proteína (%)
RD 176-7A	9.5
RD 3-2E	11.3
RD 13E-3A	12.3
Wells 21584-B	12.3
PD 1E1-6A	12.4
Tc ² 1E177-6	12.7
Wells 215E4-A	13.1
RD 176-4A	13.3
RD 182-11B	13.5
Tc ² 1E177-13	13.8
(Wt _E TR)Tc ²	17.8
PD E7-2B	14.0
RD 138-3B	14.3
RD 176-2A	14.5
PD 173-1A	14.8
RD 101-3A	14.8
RD 119-4A	15.3
RD 146-1A	15.5
RD 162-11A	16.1
RD 176-2B	16.5
(?x8)Wells	16.5
PD E7-2A	17.0
RD 101-2A	17.1

Ref. Ruckman, Zscheile, Qualset. 1973. (81)

FALLA DE ORIGEN

b) Composición de las Proteínas.

Los principales constituyentes de las proteínas de la harina (harina que contiene entre un 6.0 y 14.0% de proteínas) son: albúmina de 6.0 a 12.0%, globulina de 5.0 a 11.0%, gluten de 78.0 a 85.0%.

En las harinas al referirse a albúminas y globulinas se hace como a proteínas solubles.

La porción insoluble está formada por numerosos componentes. A la fracción soluble en etanol diluido se le llama gliadina. Al residuo, insoluble en alcohol, se le llama glutenina. La gliadina y glutenina forman con el agua y las sales la sustancia llamada gluten cuando se amasa la harina con agua.

El gluten es elástico y se hincha, propiedades de gran valor en la preparación de pan y otros productos. (50,75)

Chen, C.H. hizo una investigación sobre la naturaleza de las proteínas del trigo duro, en la cual las muestras del trigo fueron molidas, obteniéndose un rendimiento de extracción de harina del 56.8%, con un contenido protéico de 8.5%. Las proteínas fueron separadas en base a su solubilidad, encontrándose un 7.0% de péptidos de bajo peso molecular, 12.2% de albúmina, 4.7% de globulinas, 40.7% de gliadina, 18.3% de gluteninas solubles en ácido acético y 23.2% de gluteninas insolubles. (16)

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis.

Tabla 4.- Distribución de proteínas separadas por solubilidad en el Trigo durum y en el Trigo Rojo Duro de Primavera.

Total de proteínas en la harina (%)	A	B
Fracción soluble en agua (albúmina)	12.2	11.9
Fracción soluble en sal (globulinas)	4.7	5.2
Fracción soluble en alcohol (gliadina)	40.7	28.5
Fracción soluble en ac. acético (glutenina)	18.3	16.6
Residuos (gluteninas insolubles)	23.2	34.0
% de nitrógeno recuperado	99.1	96.2

A.- Trigo durum

B.- Trigo Rojo Duro de Primavera

Ref. Chen, C.H. and Ushuk. 1970. (16)

c) Aminoácidos.

La composición en aminoácidos de las proteínas del trigo no es constante cuando se trata de una amplia gama de contenidos en proteína. En particular, el aminoácido lisina se encuentra en menor proporción en los cereales, es notable el elevado contenido en ácido glutámico (probablemente en forma de glutamina) y prolina. (50,75)

FALLA DE ORIGEN

Además, cuando hay un aumento de un aminoácido en una fracción de proteína del trigo, generalmente es compensado por una disminución de algún otro aminoácido en otra fracción de proteína. En la Tabla 5 se muestra la composición de aminoácidos del Trigo durum y el Trigo Rojo Duro de Primavera.

Tabla 5.- Composición de aminoácidos en harinas de Trigo durum y Trigo Rojo Duro de Primavera (Micromoles de aminoácidos A.A./mg nitrógeno)

Aminoácido	A	B
Cistina	0.60	0.59
Meticionina	0.78	0.65
Tirosina	0.80	0.76
Histidina	0.83	0.85
Lisina	0.85	0.82
Arginina	1.13	1.20
Treonina	1.29	1.20
Fenilalanina	1.80	2.10
Isoleucina	1.87	1.71
Ac. aspártico	1.89	1.47
Alanina	1.99	1.84
Valina	2.21	2.11
Serina	2.26	2.21
Glicina	2.54	2.73
Prolina	6.56	6.21
Amónico	12.5	13.6
Ac. glutámico	13.2	15.7

A.- Trigo durum

B.- Trigo Rojo Duro de Primavera

Ref. Chen, C.H. y Ushuk. 1970. (16)

FALLA DE ORIGEN

Para determinar la calidad de los cereales, los bioquímicos del CIMMYT emplean un procedimiento rápido para medir el contenido de lisina en muestras de cereales mediante una correlación con la capacidad de absorción de colorantes. (7, 8, 11,12,26,52,53)

2.2.2 Carbohidratos.

a) Almidón.

El almidón es el más importante carbohidrato en todos los cereales, constituyendo aproximadamente el 60% del grano del trigo y el 70-71% de su endospermo; cerca de un 23% de este almidón es amilosa.

El almidón es insoluble en agua fría, cuando se calienta con agua la absorbe y se hincha; este proceso se conoce con el nombre de gelatinización. (50,75)

El porcentaje de almidón puede variar dependiendo de la variedad de trigo, al igual que el diámetro promedio de la partícula de almidón y el contenido de amilosa en el almidón. (4,39,54)

b) Azúcares.

El trigo contiene aproximadamente un 2.5% de azúcares solubles, entre los que se encuentran la glucosa, fructosa, sacarosa, maltosa y oligosacáridos. Esto lo demostró Vaisey en estudios realizados en Trigo Rojo Duro de Primavera Selkirk y en Trigo durum Stewart; los datos obtenidos se observan en la Tabla 6.

Tabla 6.- Carbohidratos solubles en alcohol etílico al -
80%,

% del total de componentes de azúcar.	Variedad	
	Selkirk	Stewart
Total de azúcares solubles mg/g harina	16.7	11.4
Fructosa	1.2	7.5
Glucosa	0.9	2.1
Sacarosa	15.5	22.6
Maltosa	7.9	6.8
Oligosacáridos	78.6	56.7

Ref. Vaisey and Unrau. 1964. (87)

El elevado contenido de azúcares solubles en el trigo durum se debe principalmente a su elevado contenido en sacarosa.

En todas las variedades de cereales, los oligosacáridos constituyen la mayor parte de los compuestos solubles en alcohol etílico.

Klassen, A.J. realizó investigaciones sobre el contenido de azúcares reductores durante el desarrollo del trigo Manitoba y encontró que la cantidad de azúcares reductores fue regularmente constante durante el desarrollo de los granos. El promedio de azúcares reductores en las semillas maduras del trigo Manitoba fue de 1.23 mg/g. (54)

FALLA DE ORIGEN

c) Pentosanos.

Los pentosanos en el endospermo del trigo generalmente se pueden clasificar en dos tipos: pentosanos solubles en agua y pentosanos insolubles en el agua.

Los pentosanos del endospermo del trigo, y de las gramíneas en general son xilosa y arabinosa.

Los pentosanos están compuestos de D-xilosa (53%), L-arabinosa (41%) y D-glucosa (6%), esta última no se considera en las características de la estructura.

La razón de la unidad de pentosanos (arabinosa-xilosa) es de 1:1.3 (cuatro unidades de L-arabinosa por cinco unidades de D-xilosa).

Heinrich, E.R. realizó investigaciones de la composición de pentosanos en variedades de Trigo durum Stewart y de Trigo Rojo Duro de Primavera Manitoba, y los resultados los observamos en la Tabla 7. (4,37,58)

Tabla 7.- Pentosanos(%) en el Trigo durum y en el Trigo Rojo Duro de Primavera.

Variiedad	Pentosanos (%)
Manitoba	4.0
Trigo durum Stewart 67	4.7

Ref. Heinrich and Hill. 1971. (37)

En esta Tabla observamos que el Trigo durum contiene mayor porcentaje de pentosanos.

FALLA DE ORIGEN

2.2.3 Lípidos.a) Composición de los lípidos.

El grano de trigo está compuesto por diferentes lípidos - tales como: triglicéridos, fosfolípidos y glicolípidos, ácidos grasos, esteroides, monoglicéridos y diglicéridos, los que se distribuyen en un 50% en el endospermo, 30% en el salvado y 20% en el germen. Los lípidos pueden estar ligados o libres. (50,75)

El contenido de lípidos ligados y lípidos libres tanto de harina de grano entero como de harinas de endospermo, los observamos en la Tabla 8 y 9.

Tabla 8.- Contenido de lípidos de harinas de trigo duro.

Muestra	de lípidos (d.b)		
	Libre	Ligado	Total
Harina de grano entero			
Trigo:			
Stewart 63	1.99 (56.9)*	1.51 (43.1)*	3.50
Manitoba	1.96 (57.5)*	1.45 (42.5)*	3.41

*Estos valores son el porciento del total de lípidos extraídos.

Ref. Kent N.L. and Pomeranz. 1971. (50,75)

FALLA DE ORIGEN

Tabla 9.- Contenido de lípidos de harinas de trigo duro.

Muestra	% de lípidos (d.b.)		
	Libre	Ligado	Total
Harina de endospermo			
Trigo:			
Stewart 63	0.95 (60.5) *	0.62 (39.5) *	1.57
Manitoba	0.92 (60.1) *	0.61 (39.9) *	1.53

*Estos valores son el porciento del total de lípidos extraídos.

Ref. Kent N.L. and Pomeranz. 1971. (50,75)

b) Ácidos grasos libres.

Los ácidos grasos libres identificados en el trigo duro cultivado en un mismo lugar son:

- mirístico,
- pentadecánico,
- palmítico,
- esteárico,
- oleico,
- linolénico,
- linoleico.

Los ácidos grasos libres y sus contenidos en el trigo -- los observamos en la Tabla 10. (22)

FALLA DE ORIGEN

Tabla 10.- Composición de ácidos grasos en harina de trigo duro*

Ac. grasos	Trigo durum
Mirfístico (C-14)	1.2
Palmitico (C-16)	26.2
Estearico (C-18)	1.38
Oleico (C-18:1)	21.1
Linoleico (C-18:2)	50.2
Linolénico (C-18:3)	1.77

*Expresado como % de la composición total de glicéridos.

Ref. Davis, K.R. 1980. (22)

c) n-hidrocarburos.

En el trigo duro más del 30% de la distribución total de n-hidrocarburos la componen C-16, C-17, C-18. (22)

2.2.4 Minerales.

Un 95% de la materia mineral de los cereales de grano desnudo como el trigo está formada por fosfatos y sulfatos de potasio, magnesio y calcio. El fosfato potásico es probablemente encuentre presente en el trigo principalmente en forma de KH_2PO_4 y K_2HPO_4 . Parte del fósforo se encuentra como ácido fítico. Los contenidos de sodio, cloro y azufre son algo variables. Entre los elementos en menor concentración son importantes el hierro, manganeso y cinc. Además de éstos, se encuentran como trazas un gran número de otros elementos. El

FALLA DE ORIGEN

contenido de minerales en el trigo se observan en la Tabla 11 (45,50,75,94)

Tabla 11.- Constituyentes minerales en los granos de trigo (mg/100g de materia seca)

Elementos	mg/100g mat. seca
Mayor Proporción:	
F	453
P	380
S	196
Mg	157
Cl	76
Ca	51
Na	24
Si	12
Menor Proporción:	
Fs	5
Zn	5
Mn	4
Cu	0.07
Trazas:	
Ba	0.6
Br	0.5
B	0.5
Li	0.5
Al	0.3

Ref. Kent, N.L. 1971. (50)

FALLA DE ORIGEN

En el trigo los elementos minerales no se encuentran uniformemente distribuidos. En términos generales el salvado -- contiene mayor porcentaje de calcio, potasio, magnesio, sodio hierro, cobre y cinc.

El contenido de cenizas se relaciona con la cantidad de elementos minerales presentes. El trigo durum contiene elementos minerales principales como: sodio, potasio, fósforo y magnesio; así como también elementos en menor proporción como: manganeso, hierro y cinc, como observamos en la Tabla 12. (4,54)

Tabla 12.- Contenido de minerales del Trigo Rojo Duro de Primavera y Trigo durum.

Elementos minerales	A	B
K (%)	0.414	0.494
P (%)	0.344	0.370
Mg (%)	0.180	0.166
Ca (%)	0.077	0.034
Fu (ppm)	44.0	40.0
Mn (ppm)	38.0	32.0
Na (ppm)	30.0	50.0
Zn (ppm)	24.0	30.0
Cu (ppm)	5.1	4.8
Fe (ppm)	0.50	0.69

A.- Trigo Rojo Duro de Primavera

B.- Trigo durum.

Ref. Lorenz, K., Maga, J. 1974. (62)

FALLA DE ORIGEN

2.2.5 Vitaminas.

El trigo tiene un contenido relativamente alto de tiamina y niacina comparado con otros cereales, bajo contenido de riboflavina y desprovisto de vitamina A, los tocoferoles abundan en el germen.

La tiamina se distribuye 3% en el endospermo, 33% en el salvado y 64% en el germen; la riboflavina, 32% en el endospermo, 42% en el salvado y 26% en el germen; la niacina, 12% en el endospermo, 86% en el salvado y 2% en el germen.

El trigo contiene los tocoferoles $\alpha, \beta, \epsilon, \gamma$ cuyo contenido total es de 3.4 mg/100g. (22,23,50,75)

El contenido de vitaminas del trigo duro se encuentra en la Tabla 13.

Tabla 13.- Contenido de vitaminas en el trigo durum.
(mg/100g)

Vitamina	Trigo durum
Biotina	0.012
Riboflavina (F ₂)	0.11
Ac. fólico	0.35
Tiamina	0.67
Ac. pantoténico	1.11
Vitamina B	4.0
Niacina	11.1

Ref. Davis, K.R., and Peter, L.J. 1984. (23)

FALLA DE ORIGEN

2.2.6 Pigmentos.

Para la fabricación de pastas de alta calidad, las exigencias son muy elevadas, siendo el color del grano una de las características más importantes, el cual debe ser amarillo ámbar. Esta coloración amarilla se debe a un elevado porcentaje de carotenos y flavones, que pueden ser destruidos por la presencia en el grano, a niveles altos, de la enzima lipoxidasa. Por ello es deseable que las variedades tengan un alto contenido en carotenos y flavones, y bajo en lipoxidasa. (61)

La pigmentación de la harina o sémola depende de los pigmentos que contiene todo el grano de las diferentes variedades de trigo, de las condiciones del cultivo, y de la época de siembra.

El rango de pigmentos en el trigo durum es aproximadamente de 4.0 a 8.0 ppm. y en las variedades más comerciales varía de 5.0 a 7.0 ppm.

Para determinar la calidad de las pastas alimentarias es importante el color que tenga el producto, ya que los consumidores prefieren las pastas alimentarias que tengan el mejor color amarillo brillante y translucido, a las pastas que no lo tienen. (44,75)

2.2.7 Enzimas e Inhibidores.

a) Amilasas.

La harina normal procedente de trigos sanos contiene amplias cantidades de beta-amilasa, pero generalmente sólo muy poca alfa-amilasa. La cantidad de esta última aumenta cuando el trigo germina, por lo que la actividad de la alfa-amilasa se ve influenciada por las condiciones agronómicas y climato-

lógicas. (50,74,75)

La actividad de beta-amilasa se determina por la actividad combinada de alfa y beta-amilasa, y para poder ser medida hay que tener un pH 3.4 al cual alfa-amilasa es inactiva; y la actividad de la alfa-amilasa puede ser medida cuando se calienta a 70°C por 10 min. a un pH 6.7 que es cuando se destruye la beta-amilasa.

En el trigo durum germinado están presentes ocho alfa-amilasas de las cuales tres (α -3, α -4, α -5) corresponden aproximadamente al 65% de la actividad enzimática, es decir que contiene tres alfa-amilasas con mayor actividad y cinco alfa-amilasas con menor actividad.

La actividad de las amilasas se define como la cantidad de enzima necesaria para liberar dextrinas o maltosa. (89,92)

b) Proteasas.

Además de las enzimas que actúan sobre los carbohidratos existen en la harina otras enzimas que afectan a las proteínas es decir las enzimas proteolíticas.

Las enzimas proteolíticas de la harina del trigo son las proteasas. (50)

La actividad proteolítica en las fracciones de molienda se incrementa conforme el contenido de proteína aumenta en las fracciones. (64)

En general los niveles de actividad proteolítica se incrementan debido a que durante la germinación se produce una hidrólisis de las proteínas en el endospermo, por lo que el gluten es rápidamente reblandecido. (78)

El tratamiento con calor inactiva a las enzimas proteo-

líticas, por lo que tal tratamiento puede considerarse como - remedio en caso necesario, aunque es difícil inactivar las enzimas por ese medio sin dañar simultáneamente las proteínas - del gluten. (50)

c) Inhibidores de proteínas.

Los inhibidores son: tripsina y quimotripsina principalmente.

La tripsina inhibidora es térmicamente estable a 100°C por una hora; mientras que el inhibidor quimotripsina es térmicamente inestable a 70°C por 10 minutos.

Los productos de grano no se consumen sin algún tipo de procesamiento térmico, por lo que la inactividad o la mayor parte de la inactividad de estos inhibidores no implica mayor problema.

La harina de trigo duro contiene una elevada cantidad de inhibidor quimotripsina. (74)

2.2.8 Compuestos Menores.

a) Ácidos fenólicos.

Frecuentemente se han encontrado ácidos fenólicos en el grano de trigo duro, al igual que en su harina.

Se responsabiliza a los ácidos fenólicos como contribuyentes de sabores rancios, agrios, astringentes, característicos en la harina y en las fracciones de molienda.

Los ácidos fenólicos predominantes son: p-hidroxibenzoico, salicílico, vanílico, p-cumárico, o-cumárico, iso-ferúlico, ferúlico, sinápico, siringico. (62,75)

En la Tabla 14, observamos los ácidos fenólicos que con-

tiene el trigo duro Manitoba.

Tabla 14.- Composición de ácidos fenólicos en harina - de trigo duro Manitoba. (ppm)

Ac. Fenólico	Manitoba (t. duro)
Iso-ferúlico	3
Salicílico	5
Siríngico	5
n-hidrovibenzoico	7
o-cumárico	8
Sinápico	15
p-cumárico	23
Ferúlico	73
Vanílico	38

Ref. Lorenz and Maga. 1972. (62)

b) Compuestos Carbonilos.

Los carbonilos de cadena corta que se encuentran en las harinas del trigo duro son: etanal, propanal, acetona, butanal, 2-butanona, pentanal, 2-pentanona, hexanal, y heptanal, como se observa en la Tabla 15.

Los aldehídos y cetonas tienen un papel importante en la contribución del sabor en el producto final, pero el sabor de los productos horneados no depende en exclusiva de los ingredientes de la formulación, pues los componentes formados están bajo un constante cambio de condiciones de humedad, pH y temperatura en el proceso de horneado. (62)

FALLA DE ORIGEN

Tabla 15.- Composición de carbonilos de cadena corta en harina de trigo duro (Manitoba). (ppm)

Compuestos	Trigo durum (Manitoba)
Propanal	5.0
Etanal	5.2
Butanal	8.2
Heptanal	8.6
Pentanal	11.1
Hexanal	11.7
2-pentanona	12.9
Acetona	14.3
2-butanona	28.9

Ref. Lorenz y Maga. 1972. (62)

FALLA DE ORIGEN

CAPITULO III

**ASPECTOS NUTRITIVOS Y CALIDAD
INDUSTRIAL DEL
TRITICUM DURUM**

CAPITULO III

ASPECTOS NUTRITIVOS Y CALIDAD INDUSTRIAL DEL TRITICUM DURUM.

3.1 Aspectos Nutritivos de la Harina de Triticum durum.

El trigo es un buen alimento que ha servido de sustento al hombre a través de los siglos. Como alimento único, considerado aisladamente, no satisface todas las necesidades de nutrientes: "no sólo de pan vive el hombre", como dice una conocida frase bíblica.

Para determinar el aspecto nutritivo de un alimento es necesario conocer su composición química, composición de aminoácidos, lípidos, carbohidratos, minerales y proteínas.

El aporte energético, para un niño, mujer u hombre varía de acuerdo a su edad, estatura, gasto físico, etc., variando de 120 kcal/kg. para un recién nacido, 2300 kcal/kg. para una mujer adulto, y 3220 kcal/kg. para un hombre adulto, pero si este aporte no lo proporcionan los carbohidratos, el organismo los sustituye desdoblando proteínas o grasas, lo que ocasiona los problemas de nutrición.

El trigo es perfectamente comparable con otros cereales por su contenido de nutrientes. En el trigo duro hay más proteínas que en ningún otro cereal.

Las proteínas en el organismo tienen entre otras funciones, la de restauración y formación de tejidos, órganos, etc., por tanto la importancia de su ingestión salta a la vista; pero en las dietas humanas de países pobres y subdesarrollados - sobre todo es la proteína el nutriente más deficiente. La ingesta de proteína diaria es de 2 g/kg., siempre y cuando sea de buena calidad.

En general el trigo tiene un elevado contenido de vitaminas tiamina y niacina. Al igual que otros cereales es pobre en riboflavina y también en calcio, y carece de vitamina A. El germen del trigo es rico en vitamina E.

Las vitaminas y minerales son sustancias orgánicas e inorgánicas respectivamente, las cuales son necesarias para el funcionamiento normal de las células vivas.

En la Tabla 16 se indica el rendimiento en calorías y el contenido de ciertos nutrientes en el trigo y en otros cereales de importancia.

El trigo contiene menos proteína que otros alimentos comunes, como las leguminosas, la carne, el pescado, los huevos y el queso.

El trigo parece tener un contenido de nutrientes más variable que ningún otro cereal. La gama proteínica corriente va del 8 al 15%. En la composición influyen la variedad genética y las condiciones culturales entre ellas la temperatura, la pluviosidad, los métodos y estaciones de cultivo y la naturaleza del suelo (empleo de estiércoles y fertilizantes).

El T. durum es un trigo duro de elevado valor proteínico y el T. compactum es un trigo blando de valor proteínico relativamente bajo.

Para determinar el valor nutritivo de una proteína alimenticia, es necesario analizarla cuantitativamente y cualitativamente.

La calidad biológica de cualquier proteína se refiere a su contenido y balance de aminoácidos esenciales, éstos son componentes de la proteína que no pueden ser sintetizados por los organismos de los humanos y otros animales monogástricos, y por lo tanto deben ser suministradas por la dieta en los alimentos.

Tabla 16.- Contenido de calorías y nutrientes en el trigo y otros cereales.

Cereal	A	B	C	D	E
	gramos		-----	gramos	----
Trigo duro	12	332	13.8	2.0	70
Trigo blando	12	333	10.5	1.9	74
Arroz	13	357	7.5	1.8	77
Maiz	12	356	9.5	4.3	73
Cebada	12	332	11.0	1.8	73
Centeno	12	319	11.0	1.9	73
Avena	9	368	11.2	7.5	70
Sorgo	12	352	9.7	3.4	73
Mijo Africa	12	336	5.6	1.5	76
Mijo America	12	363	10.3	5.0	71
=====					
Cereal	F	G	H	I	J
	-----	-----	mg.	-----	-----
Trigo duro	37	4.1	0.45	0.13	5.4
Trigo blando	35	3.9	0.36	0.06	4.3
Arroz	15	1.4	0.33	0.05	4.6
Maiz	10	2.3	0.45	0.11	2.0
Cebada	33	3.6	0.46	0.12	5.5
Centeno	36	3.7	0.41	0.16	1.3
Avena	60	5.0	0.50	0.15	1.0
Sorgo	32	4.5	0.50	0.12	3.5
Mijo Africa	350	5.0	0.30	0.10	1.4
Mijo America	25	3.0	0.30	0.15	2.0

A.- Agua; B.- Calorías; C.- Proteínas; D.- Grasas; E.- Total de Carbohidratos (incluida fibra); F.- Calcio; G.- Hierro; H.- Tiamina; I.- Riboflavina; J.- Ac. Nicotínico.

Ref. Kent, N.L. 1971. (50)

FALLA DE ORIGEN

Los aminoácidos esenciales son: Leucina, isoleucina, lisina, metionina, valina, treonina, triptofano, fenilalanina, arginina, e histidina. Los aminoácidos esenciales para los niños son arginina e histidina, por lo que para los niños son 10 los aminoácidos esenciales y para los adultos son 8.

Los aminoácidos no esenciales son: alanina, glicina, serina, prolina, hidroxiprolina, cistina, tirosina, ácido glutámico, ácido aspártico.

El valor biológico de una proteína es el porcentaje utilizado por el organismo, depende de su capacidad para proporcionar los aminoácidos esenciales en la proporción en que el cuerpo los necesite.

Si una proteína es ingerida tal como es, su valor biológico depende del aminoácido restrictivo, es decir el aminoácido más insuficiente con respecto a las necesidades, y no puede formarse más proteína en el organismo una vez consumido este aminoácido.

El primer aminoácido restrictivo en las proteínas del trigo como en otros cereales es la lisina, por tanto el porcentaje de lisina en la proteína del trigo y los cereales constituye el indicador de la calidad proteínica.

La variedad y la dureza o blandura del trigo no influyen mucho en la localización dentro del grano de las proteínas, en que hay mayores o menores cantidades de lisina, por lo cual la molienda produce casi el mismo efecto con todas las clases de trigo.

El valor biológico evaluado por el contenido de lisina, no es proporcional al contenido total de proteínas. (2,3)

Los cereales son la fuente principal de energía y proteína de la población mundial en desarrollo.

Debido a que los cereales producen una mayor ganancia monetaria por hectárea, las áreas de cultivo de cereales están desplazando a las áreas de cultivo de leguminosas. (50)

Por tanto cualquier mejora en el valor nutritivo de las proteínas de los cereales rendirá en el mejor desarrollo del hombre y de los animales.

Los pueblos en desarrollo complementan sus deficiencias alimentarias con proteínas vegetales que provienen principalmente de los granos de cereales que tienen buena cantidad de proteína pero deficientes en ciertos aminoácidos.

Para mejorar la calidad de las proteínas vegetales se ha intentado:

- a) El mejoramiento genético.
- b) Suplementación por la adición de aminoácidos en forma pura o concentrados de proteínas de diferentes fuentes animales y vegetales.

Todo esto tiene sus problemas, como son los costos del proceso. (48)

Para evaluar una proteína, el primer paso es su determinación cuantitativa cruda o total por métodos aprobados (tamaño, propiedades de solubilidad, carga eléctrica, cromatografía de intercambio iónico, etc.). El segundo paso es la estimación de los aminoácidos que componen la proteína.

El valor biológico de una proteína depende del contenido de aminoácidos esenciales y de su relación con los requerimientos nutricionales. (58)

El aminoácido esencial en el cual una proteína es deficiente, se conoce como el primer aminoácido limitante en la dieta humana, el siguiente aminoácido limitante y si existen

más aminoácidos esenciales carentes se les denomina de acuerdo al lugar que ocupan progresivamente, en el caso del trigo el segundo aminoácido limitante es la treonina (2)

La relación del contenido de lisina en el grano se establece como por ciento de la proteína; en el trigo comercial duro el nivel de lisina es de 2.3% de la proteína.

El estudio del valor nutritivo del trigo duro y otros cereales se lleva a cabo en ganado vacuno, cerdos, aves, y animales de laboratorio, y la respuesta al crecimiento en los diferentes animales se ve afectada por factores como: preferencia de los animales por algún alimento, palatabilidad, cantidad de alimento ingerido, diferencia en los requerimientos nutritivos en los animales, la ganancia del peso no siempre se debe a la proteína tisular, las proteínas que no permiten el crecimiento pero, sin embargo, son de algún valor, no se pueden estimar.

La eficiencia del crecimiento en los animales de laboratorio y el contenido de proteínas se influencia por factores como: variedad del cereal, localización del cultivo, condiciones ambientales, y prácticas agronómicas. (2,3)

En la Tabla 17 se observa la composición de los aminoácidos en el trigo durum.

Tabla 17.- Composición de aminoácidos en el trigo durum. (g/16 g. nitrógeno)

Aminoácido	Trigo durum
Leucina	6.42
Fenilalanina	4.37
Valina	3.95
Tirosina	3.43
Isoleucina	3.36
Lisina	2.72
Cistina	2.07
Metionina	1.61
Triptofano	1.02

Ref. CIMMYT

La proteína del trigo es altamente digestiva. Los valores de digestibilidad verdadera (DV) del trigo durum está entre 90 y 93%.

El valor biológico (VB) indica la calidad de la proteína, y es el porcentaje utilizado por el organismo y depende de su capacidad para proporcionar los aminoácidos esenciales en la proporción en que el cuerpo los necesita. Y el valor biológico (VB) depende del aminoácido restrictivo, en el caso del trigo es lisina.

La retención de nitrógeno, expresada en porcentaje del nitrógeno contenido en la dieta experimental, indica la utilización neta de proteína (NPU). Estos datos se observan en la Tabla 18.

FALLA DE ORIGEN

Tabla 18.- Digestibilidad verdadera (DV), valor biológico (VB), proteína neta utilizada (NPU), en trigo durum.

	Trigo durum
DV (%)	90.2
VB (%)	57.5
NPU (%)	52.9

Ref. CIMMYT

La relación de eficiencia proteica (PER) en el trigo duro es baja. Se suplementó con caseína 1:1 al trigo duro y el PER trigo duro: caseína fue bajo comparado con el PER de la caseína. (2,55)

Hoy por hoy el trigo duro es un buen alimento que sirve de sustento al hombre; alimento que si se combina con otros, rinde el aporte nutricional necesario para los requerimientos humanos.

3.2 Aspectos de la Calidad Industrial del *Triticum durum*.

El trigo es el cereal más ampliamente cultivado en el mundo y se le utiliza en la alimentación del hombre. El principal trigo cultivado es hexaploide, *Triticum aestivum*, utilizado principalmente en la producción de pan, galletas y pastas. El trigo tetraploide, *Triticum durum*, le sigue en importancia, se utiliza en la mayor parte para la producción de pastas alimentarias como tallarines y macarrones en el mundo occidental, y en la producción de "cous-cous", "bulgur" y

FALLA DE ORIGEN

"chapatís" en la parte oriental del mundo. (75)

La importancia del trigo no es solamente por su rendimiento en las parcelas de los agricultores y por su calidad proteínica, sino por su comportamiento en el horno en una variedad bastante amplia de productos.

Desde el punto de vista del fabricante de harina el trigo de buena calidad es:

1.- El bien conformado: los granos serán de color normal (no descoloridos) y apariencia brillante; no afectados por la intemperie, ni germinados, libre de enfermedades fúngicas o bacterianas.

2.- No dañados: los granos no estarán dañados mecánicamente por la trilladora, por los ataques de insectos o roedores, ni por exceso de calentamiento durante su secado.

3.- Limpios: al grano no le acompañará una cantidad anormal de brozas, pajas, piedras, tierra, semillas de malas hierbas o granos de otros cereales, ni tampoco otros tipos de variedades de trigo; el grano estará completamente libre de coque, nezuelo, ajo o cebolla silvestre y excrementos de roedores o insectos.

4.- Apto para el almacenaje: el contenido en humedad no debe sobrepasar el 16% si se ha de molturar inmediatamente o el 11% si se ha de conservar algún tiempo.

Además de estos 4 factores de calidad, que dependen principalmente de la historia agrícola del trigo antes de que el fabricante lo reciba, quiere también el fabricante que el trigo sea de buena calidad harinera lo que significa que se comporte bien en el molino: que dé un adecuado rendimiento en harina, que se trabaje con facilidad y que produzca un género de calidad satisfactoria. Estas características las cumple -

el trigo durum y cualquier variedad de trigo que se siembre en las condiciones adecuadas. (50)

En el noroeste de México se obtiene el 50% de la producción nacional de trigo, algunas variedades de trigo durum sembradas en esta región llegan a cubrir el 30% del área triguera; estas variedades se adaptan y mantienen rendimientos atractivos. Por ejemplo en el Valle del Mayo el trigo duro ocupa una superficie estimada en 44,452 hectáreas con un rendimiento de 4.1 toneladas por hectárea. (42,43)

Las variedades Mexicali y Yavaro (trigos duros) tienen un rendimiento harinero del 60.5%, con una calidad molinera regular, y una calidad panadera pobre. (50)

En México la siembra del trigo duro se da principalmente en el noroeste del país: Sonora, Sinaloa y Baja California, aunque también se siembra en el Bajío (Guanajuato), y Michoacán. (41,42)

Los granos de los cereales entre ellos el trigo duro son fuente de fibra cruda, así como las frutas y verduras; el consumo de fibra en países desarrollados es considerablemente más bajo que en años anteriores. A esta deficiencia en el consumo de fibra se le han asociado enfermedades de la civilización como: arterioesclerosis, obesidad, diabetes, apendicitis, pólipos, cálculos biliares. También se cree que el aumento de consumo de fibra en la dieta disminuirá el riesgo de cáncer de colon, diverticulosis, estreñimiento que da lugar a hemorroides y venas varicosas.

La utilización de la harina del grano entero, harina integral, suministran cantidades adecuadas de fibra cruda necesarias en la dieta, pero esto trae consigo un detrimento en la calidad del producto, en su sabor, color, textura y apariencia. Estos factores negativos pueden suprimirse con cier

tos aditivos.

En los humanos, el valor nutritivo de la fibra cruda es nulo, ya que los jugos digestivos carecen de las enzimas que rompen los pentosanos en moléculas de glucosa que sí son absorbidas por el intestino. (50)

3.3 Comportamiento del Triticum durum Durante la Molienda.

3.3.1 Calidad del Grano.

El trigo en sus diferentes variedades es seleccionado de acuerdo a su comportamiento como cultivo en el campo, resistencia a las enfermedades, adaptación al suelo, tipo de riego, clima, y localización. Las líneas que se desarrollaron satisfactoriamente a las características mencionadas, son seleccionadas posteriormente por mejor rendimientos de grano y más alto peso hectolítrico.

El estado del grano recolectado, depende del estado del tiempo que se mantuvo durante la recolección. Cuando el grano parece estar maduro, necesita un período adicional de maduración antes de ser capaz de germinar, este período se conoce como estado latente. El tiempo seco y cálido acelera la maduración, y si llueve cuando la cosecha aún está en el campo, las condiciones para germinar son más favorables. El grano es menos propicio para germinar si el tiempo es frío. Cuando el grano se recolecta con una máquina cosechadora, la humedad debe ser menor del 15%, y si se va a almacenar inmediatamente, ésta debe ser menor del 11%. Si el grano recolectado se va a secar inmediatamente la humedad permitida puede ser de 19%; el exceso de humedad da lugar a un desarrollo prolifero de hongos, bacterias e insectos que van a originar un aumento importante de temperatura, la cual, al igual que la utilizada para secar el grano, si es excesiva, se producen daños irre-

versibles que se aprecian hasta que la harina se amasa. (50, 61)

Para determinar la calidad de un trigo, en el sentido -- más amplio y objetivo posible, es necesario obtener una serie de índices o parámetros analíticos, que asociados, permitirán definir la calidad en sus diferentes matices. Estos índices se pueden agrupar en referentes a características del grano y características tecnológicas de las harinas y son las más importantes.

a) Características del grano:

1.- Peso específico: índice importante y muy utilizado por su facilidad de determinación. Expresa el peso del -- grano por unidad de volumen (kilogramos por hectolitro). A medida que el peso es más elevado el rendimiento en harina o sémola es mayor. Los valores numéricos para trigos harineros son 75 y de 73 a 80 para los distintos tipos de trigo duros.

2.- Vitriosidad: esta característica expresa la dureza del grano y tiene especial importancia en los trigos duros, - al relacionarse también con el rendimiento en sémola.

3.- Cenizas: las cenizas expresan el contenido mineral del grano, indicando la pureza de la harina. Cuanto más bajo es su valor mejor es el rendimiento y la calidad de la molienda. Los valores más usados están comprendidos entre 1.5% y - 1.9% de materia seca.

4.- Contenido de proteínas: la cantidad y calidad de - las proteínas son factores esenciales en la evaluación del potencial de una harina o sémola. La cantidad se relaciona con el nitrógeno orgánico total y puede ser medido por el método clásico de Kjeldahl y la calidad se evalúa por las caracteristicas físico-químicas de los componentes formadores del glu--ten. (61)

5.- El porcentaje de humedad de una harina es importante por estar relacionado con su seguridad en el almacenamiento (ataque de hongos, bacterias, insectos) además de poder sufrir un enranciamiento oxidativo. (50)

b) Las características tecnológicas son descritas en este capítulo en el apartado 3.4. Pruebas reológicas.

El trigo duro antes de ser almacenado es seleccionado de acuerdo a su calidad, en México hay una norma de calidad que rige la distribución y comercialización del grano: Norma Oficial Mexicana NOM-FF-36-1984 (71). Productos alimenticios no industrializados para uso humano cereales-trigo. (Triticum aestivum y Triticum durum). Especificaciones. Esta norma determina la calidad del grano, el cual de alguna forma esté dañado, las especificaciones para cada tipo de grano dañado, impurezas, humedad y las determinaciones a elaborar para la certificación de la calidad del mismo. En términos generales, los daños producidos en el grano, comienzan desde la recolección al obtener granos quebrados producidos por el efecto mecánico de la cosechadora, los cuales son más susceptibles a ser atacados por hongos, bacterias e insectos. Además contaminación por organismos, los granos presentan impurezas en el campo, transporte, almacenamiento de los cuales los más frecuentes son: lodo y polvo, otros granos diferentes al trigo duro, paja, palos, cascarilla y desperdicios, piedras, restos y esporas de hongos, cornezuelo, insectos vivos o muertos, larvas, pelos y excrementos de roedores, cuerdas y ataduras, fragmentos metálicos, etc. Todas estas impurezas del grano deben ser eliminadas mediante la utilización de cribas o zarandas, las cuales varían en la forma y tamaño de sus orificios, señalándose como impurezas cualquier material que no sea trigo duro y que atravesase una criba de 198 mm. de orificios triangulares. (50,71)

Es indispensable eliminar las impurezas que lleva el gra

no ya que en general reducen el valor nutritivo de la harina, el cornezuelo mancha la harina y además es peligroso por su veneno la ergotamina, este hongo afecta principalmente al ceneno que a otras plantas como el trigo duro, cebada y avena.

El lodo altera el color de la harina y disminuye su calidad; las piedras, fragmentos metálicos y vidrios, estropean los molinos provocando incendios; la contaminación de otros granos o semillas reducen el valor nutritivo del mismo. etc. (50)

El rango de impurezas varía de 0.1 a 5% en el cual se establece un rango de impurezas que varía las bonificaciones y deducciones de acuerdo al porcentaje obtenido. (71)

En el Centro Internacional del Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), el porcentaje de impurezas de sus granos de trigo duro varía del 0.1 a 0.3%. (9,10,11)

Al agricultor, no le conviene que las impurezas en su grano sean mayor del 3%, ya que esto repercute en las deducciones a pagar, y si esto es mayor puede correr el riesgo de ser desechada su cosecha.

Para la determinación de impurezas la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-55-1984. (70), establece los siguientes análisis a seguir:

- 1.- Análisis selectivo.
- 2.- Análisis sensorial.
- 3.- Homogenización y división de la muestra.
- 4.- Determinación de humedad.
- 5.- Determinación de impurezas.
- 6.- Determinación de infestación. (el trigo duro se considera infestado cuando se presentan 2 ó más insectos vivos en la muestra analizada)
- 7.- Determinación de peso hectolítrico.

3.3.2 Molienda.

El acondicionamiento del trigo duro tiene como objetivo más importante mejorar el estado físico del grano para la molienda.

Los procesos de acondicionamiento llevan consigo la adición de humedad a los trigos demasiado secos o su disminución cuando están demasiado húmedos y frecuentemente el calentamiento o enfriamiento del grano durante períodos definidos de tiempo es con objeto de que la humedad deseada esté, no sólo uniformemente repartida por toda la masa del grano, sino en cada uno de los granos individuales.

Los objetivos del acondicionamiento con respecto a la molienda son hacer más correoso y menos quebradizo el salvado, aumentar la separabilidad del endospermo del salvado, mejorar la disgregación del endospermo para que la harina sea más fácilmente de cerner. Otras ventajas del trigo adecuadamente acondicionado son: que si el salvado es lo suficiente correoso la harina se contamina menos con escamas de salvado y por lo tanto es más blanca y con menor contenido en cenizas; además el endospermo se suaviza reduciéndose con esto la fuerza necesaria para su molienda.

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 tan alto que dificulte la limpieza del salvado o el cernido de la harina. Este contenido óptimo varía con los distintos tipos de trigo, siendo mayor para los trigos duros que para los blandos. Los contenidos de humedad óptimos están considerados en la Tabla 19.

Tabla 19.- Humedad óptima (%) en la molienda en diferentes tipos de trigo.

Tipos de trigo	(%)
Minitaba	16.5 - 17.5
Paja Pura de Primavera	15.5 - 16.5
Elite	15.5 - 16.5
Paja Blanda de Invierno	15.5 - 16.0
Impío	15.0 - 16.0
Australiano	15.0 - 15.5

Ref. Kent, N.L. 1971. (50)

Una vez limpio y acondicionado el grano del trigo, el siguiente paso es el proceso de molienda.

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

1.- Separar lo más completamente posible, el endospermo del salvado y el germen, de forma que la harina queda libre de escamas de salvado y de buen color, con lo que mejora 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 y al mismo tiempo asegurar que el deterioro causado a los granulos de almidón no exceda del óptimo.

La harina es así el endospermo triturado finamente, el

FALLA DE ORIGEN!

germen, el salvado y el resto del endospermo forman un producto secundario usado primeramente en la alimentación animal.

El proceso de molienda consta principalmente de dos partes: molienda y separación. Tres son los procesos básicos en la obtención de harina:

1.- Trituración: es la fragmentación del grano de forma que se consiga una disociación de cada una de sus partes anatómicas. La trituración rompe el grano en las primeras etapas seleccionándose en ellas distintas partes las que a su vez se irán triturando en etapas posteriores. Esto se realiza en un molino equipado con varios juegos de rodillos estriados con diferentes aberturas y separaciones entre las estrias de cada pareja de rodillos, los cuales, giran en direcciones opuestas y con diferentes velocidades. El primer juego de rodillos se llaman rodillos de rompimiento, en los cuales, el grano que se va a moler, se deja caer en forma de cortina delgada. Las estrias de los rodillos de rompimiento rasgan el grano a lo largo de su arruga y desenrollan las cubiertas corticales, de tal manera que cada una está formada por una capa de endospermo relativamente gruesa la cual está estrechamente unida a una fina hoja de salvado. Esta mezcla de partículas que difieren en tamaño y composición entran a los rodillos de rompimiento sucesivos, con las aberturas de las estrias cada vez más juntas, de los cuales se obtienen partículas más finas de endospermo, y éstas entran a subsiguientes rodillos de reducción.

2.- Tamización: es la separación de las partículas en diferentes fracciones según sus tamaños, este proceso se realiza después de cada una de las etapas de trituración, varias veces separando en un primer tamizado las partículas más gruesas de las que se podrá obtener más harina; un tamizado por grados permite clasificar la harina en sémola, productos intermedios, etc., según el tamaño peculiar de sus partículas.

en cada fracción.

3.- Purificación: es la separación de las partículas procedentes de las cubiertas corticales de las del endospermo según su velocidad límite de caída mediante corrientes de aire. (50,51)

Si el endospermo va libre de impurezas la harina resultante se obtendrá más brillante y blanca. La granulación o el tamaño de la partícula es el principal componente de calidad de la harina y está en dependencia del proceso de molienda; así como, la mayor parte del grado de almidón dañado por la reducción de la molienda, y la pureza de la harina (la cual depende de la eficiencia en la separación del germen y salvado entre el endospermo). (79)

3.3.3 Producción de Sémola.

Los trigos cristalinos son los mejores para la producción de sémola, cuyo aspecto normalmente es vitreo. En la utilización de trigos total o parcialmente harinosos, el valor de la sémola fabricada disminuye por dos razones: el rendimiento en sémola es menos elevado y la presentación y costo de ésta se ven aminorados por la presencia de gránulos blancos, no translúcidos.

El trigo duro usualmente es molido tanto en forma de sémola granular como de harina. La molienda de sémola es única en cuanto a que el objetivo de la operación es separar gránulos medianos que pasen a través de la maya No. 20 con un máximo del 3% de producción de harina.

Para la separación del trigo duro en forma de sémola es necesario llevar a cabo una serie de pasos que son:

- 1.- El trigo es limpiado para remover toda la materia ex

traña.

2.- Inmediatamente es temperado mediante la aplicación de humedad en la parte externa del grano, hasta que tenga una humedad cercana al 16%, se ondruoce la semilla y tanto los pe los como el salvado pueden ser raspados del endospermo durante la molienda.

3.- Molienda: la diferencia entre un molino de harina -- convencional y un molino de sémola es que no tiene molinos reductores, sólo son usados rodillos rompedores corrugados, los que parten el trigo en partículas gruesas; posteriormente -- otros rodillos cruzan el trigo y raspan la parte de endospermo del salvado. Si el trigo duro es correctamente temperado la parte interior puede desmenuzarse en granos regulares, -- mientras el salvado y el germen permanecen como hojuelas, las que pueden ser fácilmente removidas por tamizado, que separan las grandes laminillas de salvado y la harina de la sémola, -- mientras tanto purificadores neumáticos separan la harina remanente y pequeñas partículas del salvado. (90)

La composición de las sémolas varía de acuerdo a la naturaleza y calidad del trigo, pero se estima que las sémolas de buena calidad deben tener una composición similar a la que -- presenta la Tabla 20. (35,80)

Tabla 20.- Composición de sémola de buena calidad.

	(%)
Humedad	12.0
Proteína	11.5
Grasa	1.8
Carbohidratos	6.6
Proteína soluble	6.22
Ac. fosfórico	6.648
Minerales	2.64

Ref. Frazier, 1976; y Renom, 1960. (35,80)

El almacenamiento de los productos de la molienda de Triticum durum disminuye la calidad debido a que los pigmentos naturales del trigo, responsables del color ambarino de los productos macarroneros, son destruidos por oxidación durante el almacenamiento. Por tanto la sémola o harina del Triticum durum debe ser procesada en forma de macarrón u otro tipo de pasta tan pronto como sea posible después de la molienda, para aminorar las pérdidas de color; el almacenamiento breve debe realizarse bajo condiciones frescas y secas. (80,90)

Otro problema relacionado con el almacenamiento de la sémola son los insectos. La sémola al ser granular no puede ser pasada por el Entoleter para destruir los huevos de los insectos, por tanto si la sémola se mantiene por largos períodos de tiempo a temperatura superior a los 10°C hay posibilidad de infestación debido a la incubación de los huevos de insectos durante el almacenamiento, por lo que la sémola o harina deben ser procesadas lo más pronto posible. (19,68)

3.4 Pruebas Reológicas del Triticum durum.

3.4.1 Fuerza del Gluten.

Cuando la harina es amasada en presencia de agua, forma en su estructura una sustancia compleja llamada gluten, éste posee características de elasticidad y extensibilidad. Las propiedades elásticas que se desarrollan durante el amasado, parecen ser debidas a los grupos sulfhidrilos, posiblemente por oxidación a uniones disulfuro y quizá con formación de nuevos enlaces. La facultad de hincharse o extenderse se cree que se debe a las lipoproteínas unidas a proteínas y cadenas peptídicas.

El gluten tiene valor único en la formación de pan y otros productos alimenticios a base de harina de cereales. (50,79)

Las pruebas para determinar la fuerza del gluten son:

a) Método de Pelshenke.

Es una prueba de tiempo de fermentación de la harina. Se emplea como medida de la fuerza del gluten; informando sobre su capacidad para retener gas carbónico formado durante la fermentación. Distingue trigos de gluten fuerte o débil sin relacionar tenacidad y extensibilidad.

El valor de Pelshenke (PK) se clasifica:

1. PK menor a 60 minutos para trigos de gluten débil.
 2. PK entre 60 a 100 minutos para trigos de gluten intermedio.
 3. PK mayor de 100 minutos para trigos de gluten fuerte.
- (61)

b) Método de Sedimentación de Zeleny.

Este método determina la capacidad de retención de agua en presencia de ácido láctico (estima fuerza del glute). Las propiedades panaderas de la harina dependen principalmente de la cantidad y calidad de las proteínas del glute. El gluten se hidrata y se hincha por la acción del ácido láctico. (1)

El método mide, en presencia del ácido láctico el sedimento en milímetros. Y se tiene una escala de:

1. menos de 18 mm.: baja calidad.
2. entre 18 y 28 mm.: buen valor panadero.
3. entre 28 y 38 mm.: muy buen valor panadero.
4. más de 38 mm.: trigo de fuerza.

La relación del método de sedimentación y contenido en proteína permite calcular el índice de calidad del gluten.

c) Farinógrafo de Brabander.

Este aparato nos permite conocer las propiedades físicas de la masa, mediante la medida de la plasticidad y movilidad de una masa de harina al ser sometida a un amasado continuo a una temperatura constante. La curva que se obtiene indica el tiempo óptimo y la tolerancia al amasado.

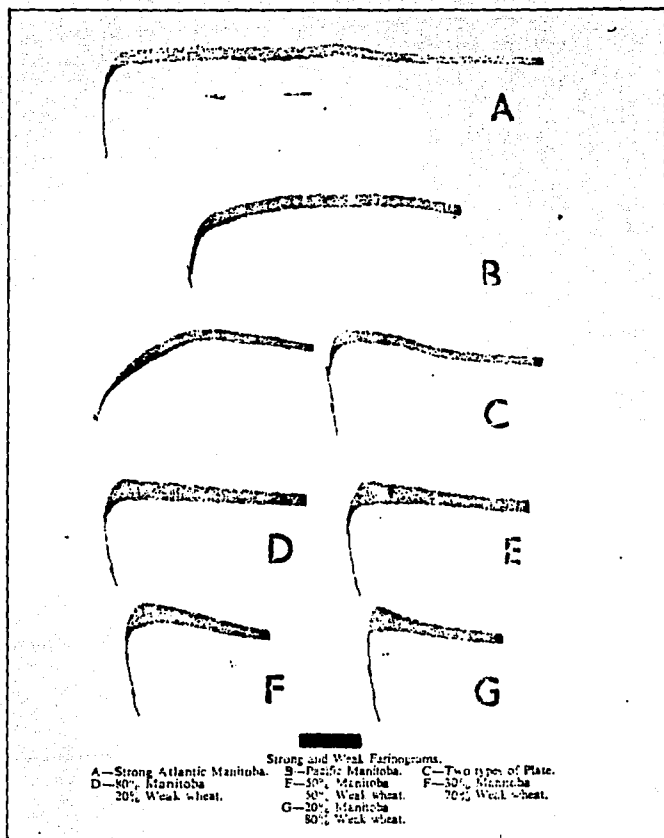
En la Figura 3 se muestra el farinograma del trigo duro y de diferentes trigos. (25,61)

d) Alveógrafo de Chopin.

Este aparato evalúa la resistencia que ofrece la masa a un sistema de presiones que producen el inflado de una película de masa de trigo y proporciona valores estimados de la calidad de las masas (el comportamiento de la masa durante la fermentación). En el alveograma, se obtiene el valor de W, que corresponde al área bajo la curva. Es una estimación de la fuerza del gluten, donde W es proporcional a la deformación y al lapso que transcurre hasta la ruptura de las láminas de gluten. El valor de T es la altura máxima de la curva, corresponde a la presión inicial requerida para inflar la película y es una estimación de la resistencia que opone la masa a ser extendida, a la cual se le denomina tenacidad. El valor E corresponde a la base de la curva y se denomina extensibilidad. (17,61)

Como se observa en la Figura 4.

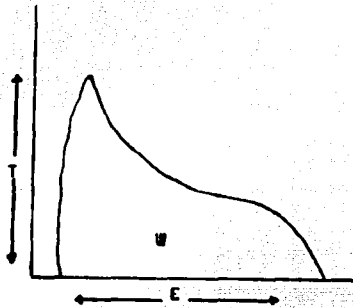
Figura 3.- Farinogramas de diferentes trigos.



Ref. Kent-Jones. 1968. (49)

FALLA DE ORIGEN

Figura 4.- Alveograma.



T.- Tenacidad

E.- Extensibilidad

W.- Area

La extensibilidad es la resultante de la propiedad que tiene el gluten para poder extenderse y resistir la deformación. Básicamente, la extensibilidad del gluten está relacionada a la variedad del trigo y es un factor muy importante en la selección de las variedades. Las masas que tienen un valor de W alto y valores de T/E en intervalos cercanos a 1.2, corresponden a trigos fuertes, balanceados, que son los más apropiados para panificación mecánica. El valor T/E correspondiente a trigos balanceados es de 5.0; desviaciones positivas de este valor corresponden a trigos tenaces o duros y desviaciones negativas a trigos suaves. En el caso de W, trigos con valores mayores de 300, se clasifican como trigos de gluten fuerte. Este tipo de harinas sirven para elaborar pan mecanizado de tipo caja, en donde se necesita mucha fuerza para batir la masa. Trigos con valores menores de 200 se clasifican como trigos de gluten débil, los cuales se utilizan para

elaborar galletas, y los que tienen valores entre 200-300 son de gluten medio fuerte, que se emplean para producir pan amasado a mano tipo bolillo.

Tanto los valores de T/E como W son utilizados para seleccionar los trigos más apropiados para cada producto. (5, - 61)

e) Amilógrafo de Brabander.

Mide la gelatinización que tiene la harina de trigo. Mide de forma continua la resistencia que a la agitación presenta una suspensión al 10% de harina en agua cuando la temperatura aumenta constantemente a 1.5°C por minuto desde la temperatura de laboratorio hasta llegar a 95°C y se mantiene esta última temperatura. (49)

f) Mixógrafo.

Este aparato evalúa la resistencia que ofrece la masa al amasado. La forma del mixograma es una función del porcentaje de proteínas de la harina y la absorción de agua, influyendo ambos en el volumen del pan. Los mixogramas se clasifican en una escala que va desde 1 (muy débil) a 8 (muy fuerte). La harina con un tiempo corto de mezcla (menos de dos minutos) tiene pobre tolerancia al amasado. (49,61,86)

Cabe la posibilidad que el tiempo de amasado esté relacionado con la capacidad de absorción de agua. (96)

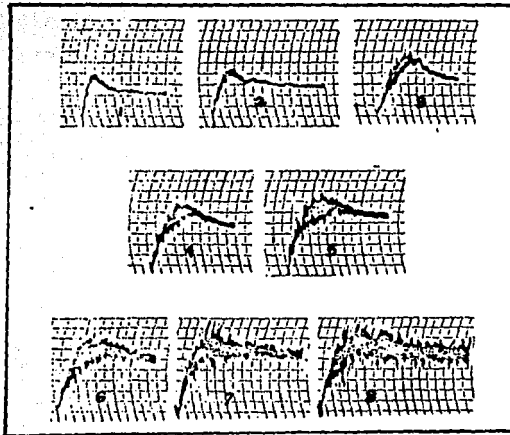
La absorción de agua se define como la cantidad de agua requerida para obtener una masa de consistencia óptima. El nivel de esta agua está influenciado por varios factores: el primero y el más importante es el contenido de proteína. Otros constituyentes como las dextrinas, pentosanos y celulosa también son importantes pero su influencia es poca, debido

a la pequeña porción en que se encuentran.

La absorción de agua depende también del daño que ha sufrido el grano durante su manejo. (82)

En la Figura 5 se muestran mixogramas de sémola de Triticum durum con absorción constante.

Figura 5.- Mixograma de sémola de trigo durum, con absorción constante.



1 (muy débil)

8 (muy fuerte)

Ref. Dick, J.W. 1985. (25)

FALLA DE ORIGEN

Los trigos duros que se utilizan para la elaboración de pastas de buena calidad deben tener (tenacidad y elasticidad) gluten tenaz, y no muy elástico es decir gluten corto. (61)

CAPITULO IV

ELABORACION DE PASTAS ALIMENTARIAS

CAPITULO IV

ELABORACION DE PASTAS ALIMENTARIAS

4.1 Clasificación.

Las pastas alimentarias son alimentos preparados por la desecación de las figuras formadas de masa hecha a partir de sémola, harina de trigo duro, o cualquier combinación de estos dos con agua. (69)

La clasificación se puede llevar a cabo tomando diferentes puntos de vista: tomando en cuenta la forma dada a la pasta durante su fabricación y tomando en cuenta los ingredientes que se intervienen en la formación de la masa.

4.1.1 Clasificación en Base a la Forma Imprimida a la Pasta Durante la Fabricación.

a) Pastas Largas.

A este tipo pertenecen el macarrón, el spaghetti, fideo, ravioli.

- Macarrón es el producto obtenido de la desecación de unidades de forma tubular de más de 2.79 mm. de diámetro pero no más de 6.86 mm. de diámetro.

- Spaghetti es el producto resultante de la desecación de unidades en forma de tubo o de cordón (no tubular) y de más de 1.52 mm. de diámetro pero no más de 2.79 mm. de diámetro.

- Fideo es el producto macarronero cuyas unidades tienen forma de cordón (no tubular) y de no más de 1.52 mm. de diámetro.

- Ravioli son cuadros de pasta cuyos lados miden de 20 a

40 mm. aproximadamente y con un espesor de 1 mm.

b) Pastas Cortas.

A este tipo pertenecen el piperin, el alfabeto, lenteja, munición, animales y otras muchas cuyas especificaciones de color, olor, consistencia y composición no están normalizadas.

Las pastas cortas se pueden diferenciar por ser huecas - como el codito o la concha; menudas como la lenteja, piperin, pescaditos; fantasía o troqueladas como la almeja. (90)

En la Figura 6 encontramos numerados los siguientes tipos de pasta:

- Los números 1 a 5 comprenden diversas formas de pasta larga:

1. macarrones de diversos tamaños,
2. fideos,
3. fideos plegados,
4. modernistas,
5. tallarines y cintas.

- Los números 6 a 10 abarcan algunos modelos de pastas cortas huecas:

6. galets,
7. conchas,
8. tiburones,
9. galetillos,
10. hélices.

- Los números 11 a 17 comprenden pastas cortas menudas:

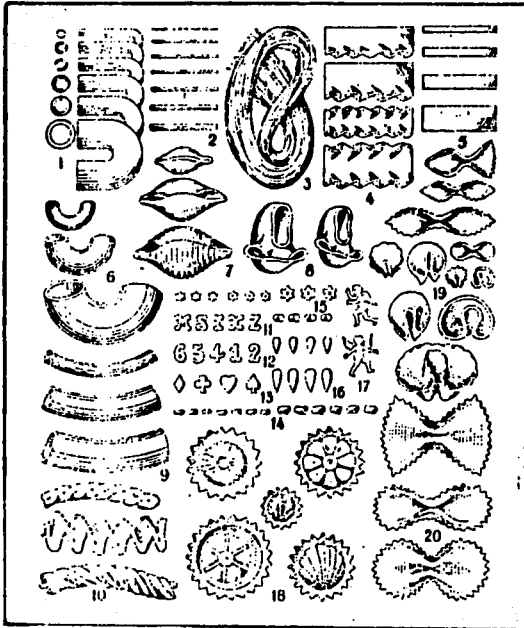
11. letras,
12. números,
13. figuras de póker,

- 14. imprevistos,
- 15. estrellas,
- 16. lágrimas,
- 17. figuras.

- Finalmente los numeros 18 a 20 señalan los modelos de pasta de Bologna:

- 18. moldes especiales,
- 19. moldes dobles,
- 20. moldes simples. (80)

Figura 6.- Diferentes formas de pastas.



Ref. Renom, N. 1960. (80)

FALLA DE ORIGEN

4.1.2 Clasificación Tomando en Cuenta los Ingredientes que Intervienen en la Formación de la Masa.

a) Pasta Normal.

Este producto es el elaborado por la desecación de figuras obtenidas del amasado de la sémola y/o harina de trigo, - agua potable y colorante.

b) Pasta Enriquecida.

Estas además de agua, harina y colorante incluye en su - composición elementos que aumentan su valor nutritivo como:

- sólidos de huevo entero o yema de huevo en una cantidad no menor al 4.3%
- huevo entero líquido o yema de huevo líquida no menos del 16.8%. (69)

De modo que el producto terminado seco contenga no menos del 0.5 y no más del 2.0% de sólidos de huevo.

- puede contener gluten de trigo, en cantidad tal que el producto seco contenga de 9 a 10% en peso de gluten. (69,90)
- también puede ser enriquecida con vitaminas y minerales agregados en las cantidades que se indican en la - Tabla 21 para cada kilogramo de producto. (19,63,91)

c) Pastas con Vegetales.

Para hacer más atractiva y apetitosa a la pasta se le da sabor y color agregando a la formulación normal vegetales deshidratados en una proporción no menor del 3.0% de vegetal en el producto terminado. Los vegetales adicionados a las pastas son: zanahoria, tomate, betabel, azafrán y espinaca. (69, 90)

Tabla 21.- Vitaminas y minerales agregados como enriquecedores a las pastas para sopa, por cada kilogramo de producto.

Enriquecedor	no menos de	no más de
Riboflavina	3.7 mg	4.8 mg
Tiamina	8.8 mg	11.0 mg
Hierro	28.6 mg	35.3 mg
Niacina	59.5 mg	75.0 mg
Opcionales:		
Vitamina D	550.5 USP	2202.0 USP
Calcio	1101.0 mg	1376.2 mg

Ref. Watt and Merrill. 1967. (91)

4.1.3 Parámetros a Tomar en Cuenta para el Buen Control de las Pastas Alimentarias.

La buena pasta alimentaria debe tener entre 12 y 13% de humedad para favorecer su conservación, también hay que considerar el color, olor y sabor, así como las características de cocción.

La forma dada a las pastas debe estar bien definida y -- ser regular; la pasta seca debe aparecer seca, lisa al tacto, sin rugosidades, ni manchas negras o blancas.

El color debe ser uniforme, con tinte ambarino tanto en las pastas largas como en las pastas cortas.

El olor completamente definido, sano, que recuerde el de la sémola. El sabor agradable, no ácido.

En la cocción hay que tomar en cuenta, la duración de ésta y la manera en que la pasta se comporta durante la cocción. La pasta debe aumentar su volumen al doble, absorber la mitad de su peso en agua, después de la cocción no debe aparecer -- pastosa y no desintegrarse lo cual indica pobreza de gluten. (19,90)

4.1.4 Valor Nutritivo.

De acuerdo al proceso de fabricación se puede observar - que las pastas no están sujetas a fermentación, prácticamente no contienen celulosa, son fácilmente digeribles y por tal razón son recomendadas para estómagos delicados.

Se ha reconocido la superioridad de las pastas con respecto a las papas y al pan; en base a que 100 gramos de pasta producen 300 a 350 calorías mientras que la misma cantidad de papas producen 100 calorías y el pan 250.

El contenido vitamínico de las pastas, considerándolas - solas, son un alimento desequilibrado que carece de vitaminas del complejo B.

La adición de queso a las pastas es un excelente aporte alimenticio, representa una contribución en vitaminas A y de las del complejo B.

Para mejorar el valor nutritivo de las pastas es necesario sacrificar otras características que son normales en pastas no enriquecidas como el aspecto que es rugoso en las pastas enriquecidas, son también más frágiles y más blandas después de la cocción. (19,90)

CAPITULO V

MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA FABRICACION DE PASTAS ALIMENTARIAS

MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA
FABRICACION DE PASTAS ALIMENTARIAS

Las características finales que obtienen las pastas son debidas al tipo y calidad de las materias primas utilizadas - en su elaboración.

Las materias primas utilizadas en la elaboración de pastas son: trigo, agua y los ingredientes opcionales.

5.1 Trigo.

El trigo utilizado en la elaboración de pastas es el Triticum durum, estudiado a lo largo de los capítulos I, II, y - III.

En México para la elaboración de pastas se utilizan principalmente dos variedades de Triticum durum que son: el Mexicali y el Yavaros, son trigos cristalinos cuyo rendimiento harinero es de 60.5%, calidad molinera regular, contenido de -- proteína del 11.3%, cenizas 1.6%, grasa 1.7%, almidón 63.0%, - fibra cruda 2.3% y una humedad de 16.8%. (21)

5.2 Agua.

Para la obtención de pastas de buena calidad, el agua de be estar sujeta a ciertos parámetros. Para ello es necesario que el agua sea limpia, incolora e inodora, neutra y su dureza total no debe ser mayor de 30° hidrométricos.

El calcio, sodio y magnesio en forma de carbonatos y bicarbonatos son las sales que el agua puede contener, los cuales dan cierto carácter alcalino al agua y dan un color oscu-

ro a la pasta. (19)

Los cloruros de sodio o magnesio se deben evitar debido a la higroscopía de estas sales, las cuales pueden dar lugar a problemas durante el secado, provocando que la pasta tenga tendencia a retener la humedad; además que el cloruro de magnesio le da a la pasta un sabor amargo.

Las sales de hierro producen un oscurecimiento en el producto.

La materia orgánica es muy perjudicial para la pasta y su contenido no debe de exceder de 40 mg. por litro de agua.

Al igual se debe evitar el uso de agua que pueda ser - - fuente de fermentaciones ácidas o pútridas con producción de nitritos y amoníaco, que son índice de la factible presencia de microorganismos que durante el amasado encontrarán condiciones favorables para su desarrollo.

En la fabricación de pastas para sopa evaporada a sequedad, un litro del agua empleada no debe contener un residuo superior a 400 ó 500 mg. de compuestos como se observa en la Tabla 22. (19,91)

Tabla 22.- Cantidades máximas tolerables de los compuestos que se pueden encontrar en el agua empleada en la fabricación de pastas para sopa.

Compuesto	mg/litro
Carbonato de Ca y Mg	180 a 200
Sulfatos	70 a 90
Silicatos	25 a 30
Nitritos y Nitretos	5 a 10
Cloruros	5 a 10
Materia orgánica	10 a 40

Ref. Watt and Mrill, 1967. (91)

5.3 Ingredientes Opcionales.

Estos ingredientes son sustancias que no siempre forman parte de la composición de la masa, pero actualmente están -- muy difundidos, son ingredientes opcionales los productos proteínicos, productos sazonadores, aditivos, y enriquecedores.

5.3.1 Productos Proteínicos.

Para mejorar el valor nutritivo de las pastas en cuanto a su proteína, se le puede agregar:

- a) Albúmina, clara de huevo pasteurizada y congelada.
- b) Albúmina o huevo entero deshidratado.

Estos dos productos en una cantidad, que la pasta terminada no contenga menos del 0.5% y no más del 2.0% de sólidos totales en peso.

c) El gluten de trigo se puede agregar para elevar el contenido proteínico de las pastas, al agregarlo en cantidad tal que el contenido de proteína en el producto terminado no sea más del 13.0% en peso. (90)

5.3.2 Productos Sazonadores.

Los productos sazonadores mejoran el sabor, dan una mayor variedad y cambian el aspecto de la pasta. Estos sazonadores pueden ser: cebolla, apio, hojas de laurel, espinacas, todos ellos en forma deshidratada para facilitar su conservación, almacenamiento y transporte; para que su dosificación y mezclado no presenten problemas se muelen finamente. La cantidad permitida que debe de estar presente en el producto terminado es de no menos del 3.0%. (69,90)

5.3.3 Aditivos.

a) Colorantes.- la temperatura y la cantidad de agua incorporada durante el amasado, cantidad de vacio, duración del amasado, granulación, tipo de harina, duración del prensado, laminación, forma de la pasta y temperatura de operación, son factores que afectan el color natural de la pasta.

Para uniformar el color, así como para obtener un agradable tinte ambarino en la pasta, se le agregan ingredientes naturales en forma de caroteno y azafrán o bien colorantes artificiales como el amarillo tartrazina No. 5; para obtener un tono uniforme en la pasta estos colorantes siempre se adicionan en forma de polvos, ya que así son más fáciles de manejar dosificar y mezclar. (19)

b) El fosfato disódico es utilizado para disminuir el tiempo de cocción durante la preparación de la pasta. Si un producto lo contiene, debe estar presente en cantidad no menor del 1.0% en peso del producto seco.

c) El monoestearato de glicerilo en ocasiones se utiliza como emulsionante, y así facilita el amasado ya que disminuye el tiempo y ayuda a reducir la pérdida de colorante natural de la harina o sémola por oxidación durante un período largo de trabajo. (69)

5.3.4 Enriquecedores.

Las pastas alimentarias se pueden enriquecer con vitaminas y minerales. Para considerar una pasta enriquecida, cada kilogramo de producto debe contener las cantidades de vitaminas y minerales que señala la Tabla 21.

CAPITULO VI

FABRICACION DE PASTAS ALIMENTARIAS

CAPITULO VI

FABRICACION DE PASTAS ALIMENTARIAS

6.1 Proceso Discontinuo.

En este proceso las operaciones mecánicas no siguen una tras otra, sino que es necesario la intervención de la mano de obra para el transporte de la masa, manejo de la pasta o complementación. (80)

6.1.1 Preparación de la Sémola y Dosificación.

Toda la sémola utilizada en el proceso es necesario que esté exenta de materia extraña como pelos o pelusas de los sacos que la contienen, pequeños pedazos de madera, trozos de etiquetas, grumos de la misma sémola. La eliminación de estas partículas se lleva a cabo en máquinas tamizadoras, con mallas adecuadas al tamaño de la sémola utilizada (malla No. 20).

Obtener sémola del mismo tamaño de partícula es difícil; para obtener un producto uniforme es necesario mezclar sémolas o harinas de diferentes grados en proporciones convenientes, y así obtener la uniformidad requerida en la materia prima, ya que con la sémola con una granulación uniforme se obtiene una buena mezcla. (26)

La sémola o harina así preparada pasa al mezclador. La dosificación dentro del mezclador se puede llevar a cabo con una báscula automática.

El agua se dosifica por volumen, utilizando tanques provistos con escala y termómetro.

6.1.2 Primer Amasado.

La importancia del primer amasado es que de esta fase depende la buena marcha de todas las operaciones siguientes del proceso, y es aquí donde se hacen las correcciones necesarias en lo referente a la dosificación de la materia prima.

En la fase del amasado se logra la distribución uniforme del agua con la sémola. Para obtener una mezcla íntima entre la sémola y el agua es necesario tener en cuenta:

a) La Cantidad de agua utilizada.

La cantidad de agua varía de acuerdo a la calidad de la sémola, el tamaño de la partícula y contenido de gluten.

La cantidad de agua para la misma sémola varía de acuerdo al tipo y la forma de la pasta, de los aparatos destinados a dar esas formas, así como el sistema del secado. (26)

Para obtener un mismo grado de elasticidad de la pasta la cantidad de agua varía dependiendo de la temperatura del agua; a mayor temperatura del agua, la pasta obtenida es más blanda y elástica. (19)

b) Temperatura del agua.

La temperatura del agua utilizada para la formación de la masa, está afectada por diversos factores como: si el proceso es continuo o discontinuo, la granulación de la sémola, el tipo de pasta a elaborar (para pastas cortas entre 19 y 20°C, para pastas largas entre 45 y 50°C).

A mayor temperatura la masa se hace más fluida, lo cual es deseable en pastas largas y fideos; debe ser más suave para pastas cortas a fin de que el corte sea limpio, produzca superficies lisas y productos de formas bien definidas.

En el proceso discontinuo la temperatura del agua oscila entre 40 y 70°C, siendo las cercanas a los 70°C la aplicada a trigos duros, las inferiores se aplican a sémolas de trigos blandos y las intermedias a las obtenidas de mezclar ambos trigos. (26)

Mientras más fino sea el tamaño de la partícula de la sé mola la temperatura del agua debe ser menor.

Un rango de temperatura del agua entre 50 y 70°C es adecuado para preparar pastas suaves con agua caliente de acuerdo a las siguientes razones: (19)

- La obtención de una pasta más suave que puede trabajar se más rápidamente.
- Las pastas obtenidas son más lisas y transparentes, al contrario de las duras, elaboradas con agua fría que son más blandas. (26,63)
- Una mayor eficiencia en la primera ventilación después del ventilado, ya que el enfriamiento estabiliza la pasta en la superficie por un ligero endurecimiento.

6.1.3 Segundo Amasado o Refinado.

La importancia del segundo amasado radica en terminar el trabajo iniciado y poder obtener una masa uniforme, capaz de convertirse en una capa continua completamente homogénea, del mismo ancho y mismo espesor en toda su longitud.

En el transcurso del segundo amasado, la masa es sometida a un intenso trabajo mecánico más completo que en el primer amasado, consistente en un aplastamiento y estiramiento limitados.

La operación del segundo amasado termina cuando el producto aparece perfectamente homogéneo en consistencia y colo-

ración y la superficie de la banda esté perfectamente lisa, - la duración raramente debe de exceder de 10 minutos si la - - pasta es seca, y si es fría de 5 a 6 minutos, a veces menor, si es suave. (19)

Un tiempo prolongado tanto en el primer amasado como en el segundo es perjudicial ya que la pasta después de cierto - tiempo empieza a hilar (25 ó 30 minutos) y entonces los gránu los de harina o sémola revientan y producen flacidez en la ma sa, la que se vuelve opaca, con estrias blancas, y una vez se ca se rompe fácilmente. (61)

6.1.4 Prensado.

La pasta que proviene del segundo amasado es seccionada en trozos de cierta longitud que el prensista enrolla en forma cilíndrica y después introduce en el recipiente de la pre sa y la llena en tal forma que se evacua al aire, y así se -- evitan los estrellamientos de la pasta que podrían ocurrir -- posteriormente a la salida de los orificios.

La presión aplicada depende de la dureza de la masa, su temperatura, la velocidad de extrusión y del molde. Una masa caliente, suave y húmeda requiere de una menor presión que -- una mezcla fría, seca o dura. La ventilación debe abarcar to da la pasta bajo la salida; además hay que evitar que la masa repose un largo tiempo dentro de los moldes.

La utilización de vacío en la fabricación de pastas supo ne mejoras rápidamente observadas como: la pasta está exenta de burbujas; la estructura es más homogénea y compacta; alta-gravedad específica; generalmente es más resistente a la de-- formación tanto seca como cocida; superficie más tersa, color más atractivo; más amarilla y translúcida.

Después de extruida la pasta a través del molde por la -

presión ejercida, se procede a su corte. Es importante que la velocidad de corte permanezca constante para obtener una producción de un mismo tipo de pasta, y así no tener irregularidades en la longitud de la pasta lo que ocasiona diferentes tiempos de cocción. La temperatura tiene un papel importante en la uniformidad del prensado. La sala de prensas se mantendrá a una temperatura constante y aislada de corrientes de aire.

La pasta debe tener longitudes iguales para poder ser secada eficientemente por los secadores y después obtener un buen empacado. (26)

a) Duración del Prensado.

La duración del prensado depende de la naturaleza de la masa, su temperatura, su consistencia, la forma a dar, tipo de moldes empleados etc. Por ejemplo: para spaghetti o macarrón se utiliza una masa relativamente suave y un molde de 35 a 40 mm. de espesor, empleándose 15 minutos en vaciar la campana de 60 kg. de capacidad; en las pastas secas de formas pequeñas el vaciado llevará de 25 a 30 minutos.

En la prensa, el pistón ejerce su presión sobre la masa y la hace sufrir un mezclado con dos movimientos convergentes que parten de las paredes de la campana para terminar en el centro del molde, estos movimientos se repiten en el interior de las cámaras de los moldes y contribuyen a dar a la pasta un hermoso aspecto (lisa y transparente). (19,26)

6.1.5 Laminado Discontinuo.

Las pastas laminadas son aquellas que después del segundo amasado son trabajadas por laminadores, donde transforman a la pasta en hojas delgadas y anchas. La lámina con el espesor deseado se lleva a máquinas especiales que tienen moldes

o sierras que son como sacabocados y cortan la lámina en formas variadas.

La pasta laminada es elaborada igual que la pasta prensa da, con la diferencia que la pasta laminada se somete a menos tiempo de refinado o segundo amasado.

La masa laminada se corta en tiras de longitud uniforme; para el tallarín, se pasa por una cuchilla rotatoria y después se colocan en charolas para proceder al secado.

Las pastas troqueladas pasan por una máquina troqueladora, cae sobre ella cortando las figuras que corresponden al diseño del molde, generalmente son de forma curva difíciles de obtener de una prensa; después de ser troqueladas en la forma deseada, pasan sobre una banda transportadora que las lleva a las charolas para ser llevadas a los secadores.

Para la elaboración de este tipo de pastas se usan sémolas fuertemente tintadas y no las harinas; también se pueden utilizar los desechos de las pastas largas y de las laminadas. (19,26)

6.2 Proceso Continuo.

En este proceso las operaciones se siguen unas a otras mecánicamente y no es necesario la intervención de la mano de obra para el transporte de la masa. (80)

6.2.1 Prensado.

Las prensas continuas son máquinas automáticas, equipadas con alimentadores continuos para sémola o harina y agua, provistas con cámara de vacío. La sémola tiene suficiente tiempo para absorber el agua y desarrollar la estructura del gluten. (26)

Después de llevarse a cabo el mezclado y el primer amasado se continua hasta que esté lista a pasar el sin fin de la prensa en donde se efectúa el segundo amasado, luego el mismo sin fin empuja la pasta a la cámara del moldeado. (19,26)

Cuando llega la sémola y el agua a la máquina, el funcionamiento es automático, con la necesidad de supervisión en los controles e indicadores automáticos ya que la temperatura de la masa en el prensado debe ser mantenida en un máximo inferior a 70°C para evitar la pérdida de gluten, y no debe ser demasiado baja ya que influye en la viscosidad de la mezcla. Además se deben tener en balance adecuado la presión, temperatura y tiempo. (26,63)

6.2.2 Laminado Continuo.

En las pastas laminadas por el método continuo, la sémola y el agua son dosificadas constantemente en un mezclador, en la misma forma que en cualquier prensa continua; una vez formada la mezcla es forzada a pasar por la abertura de un par de rodillos y descargada como una lámina de masa a un dispositivo en forma de cruz el cual después de que la lámina ha sido doblada, se coloca en un segundo par de rodillos dispuestos en ángulo recto respecto al primero, luego pasan a un tercer par de rodillos que forma un ángulo recto con respecto al segundo par de rodillos; la masa que se tiene en el tercer par de rodillos está lista para ser cortada o troquelada. (19, 26)

Por este método, para obtener la apariencia y características de cocción de las pastas laminadas, el refinado de la masa debe ser reducido al mínimo necesario para producir una hoja consistente.

Cuando sale de la prensa esta placa pasa en forma continua a dos pares de rodillos calibrados y de ahí a la troquelada

dora de pastas, lo que permite obtener formus con texturas -- perfectas y características de cocción buenas. (26)

6.3 Moldeado.

En esta operación la finalidad es dar a la pasta la forma deseada, haciendola pasar a través de un molde. Se produce la presión necesaria para empujarla a través de los orificios del molde.

Los moldes tienen por objeto dar a la pasta su forma definitiva, se puede encontrar una gran variedad de ellos, considerando las formas que imprimen a las pastas; independientemente de ello, deben llenar algunos requisitos para poder ser empleados tanto eficientemente como económicamente, como:

- 1.- Ser lo suficientemente resistentes como para no deformarse al ser expuestos a altas presiones.
- 2.- Reducir a un mínimo el esfuerzo de la prensa.
- 3.- Ser lo más inerte posible al ataque de la acidez que pudiera presentar la pasta.
- 4.- De aseo fácil.

A fin de cumplir lo mejor posible estos requisitos, se ha ido variando el tipo de material de construcción de los -- moldes, que van desde los construídos de cobre que en la actualidad ya no se usan debido a que sus características se -- han visto superadas por otros materiales; hasta los de teflón que son los de construcción más moderna. Se puede considerar este aspecto como una base para clasificar a los moldes, y de acuerdo a ello se tiene:

- Moldes de bronce aleados
- Moldes de acero inoxidable
- Moldes de mezcla de bronce y acero inoxidable
- Moldes de teflón
- Moldes de mezcla de bronce y teflón. (80,93)

6.4 Secado.

Con el secado se estabilizan las cualidades de la materia prima; no debe alterarse la forma ni el aspecto de la pasta y la debe hacer inmune a las influencias externas normales, debe establecer un estado de equilibrio entre los principales constituyentes, el almidón y el gluten, tal que la pasta conserve un grado de elasticidad así como una resistencia a la ruptura. El sabor, la digestibilidad y la asimilación son función, en cierta parte, del secado y depende de la forma en que éste se lleve a cabo.

Las pastas aparecen en el mercado en forma seca, lo que hace que el producto sea más fácilmente transportado y que el costo de transporte sea menor; la vida de anaquel de las pastas es más prolongada; el aspecto de las pastas adecuadamente secas es más atractivo, y además está afectado por la calidad de la materia prima, el método de presecado y el tipo de molde. (63)

La pasta al salir del molde está caliente y suave por lo que es posible que sufra deformaciones después del prensado, causadas por el propio peso o por aglutinaciones entre ellas; y para evitar estas deformaciones se recurre a la ventilación, la corriente de aire es conducida sobre la caída de la pasta a la salida de los moldes, ya sea en corriente ascendente o descendente y horizontal. Es primordial que el aire destinado a la ventilación esté exento de impurezas y con una H.R. de 65 a 70%. La ventilación enfría la pasta y forma una ligera costra superficial que disminuye la elasticidad y evita que la pasta se deforme antes de llegar a las camas de secado. (26)

El secado se lleva a cabo en un tiempo prolongado, por lo que no es posible evitar un principio de fermentación y se verá incrementada al final de la primera etapa durante el re-

poso al que es sometida la pasta. Esta fermentación es causa da por hongos que provienen del medio ambiente de la sala de fabricación y de las cámaras de secado. (68)

En la elaboración de las pastas, el secado es el paso -- crítico o difícil de controlar. El objetivo del secado es reducir el contenido de humedad de la pasta del 31 al 12 ó 13% y lograr que la pasta sea dura, conserve su forma y pueda ser almacenada sin esporas. (19,63,68)

Las fases que normalmente comprenden el secado de la pasta alimentaria son: el presecado y reblandecimiento y secado definitivo.

6.4.1 Presecado y Reblandecimiento.

Los objetivos de esta fase del secado son:

a) Quitar a la pasta, dentro de un periodo corto de tiempo, una cantidad de agua relativamente elevada de 30% inicial a un 20%, esta operación debe realizarse en un tiempo según - la forma de la pasta, generalmente el límite es de 30 minutos a una hora, esto es para evitar la difusión de humedad y frenar bruscamente el proceso de fermentación. (63)

b) Estabilizar la pasta dentro de su forma; impedir el - aplastamiento de las formas huecas; la aglomeración de pastas cortadas y finas; el alargamiento excesivo de las pastas largas.

c) Obtener pastas transparentes, de buen aspecto, ya que las pastas que permanecen un mayor tiempo húmedas quedan más oscuras y sin brillo.

d) Abreviar el periodo de secado definitivo.

El presecado es necesario ya que en esta fase se cumplen condiciones que no es posible cumplir en el secado definitivo como:

a) Las condiciones de calor y humedad relativa requeridas no pueden ser logradas dentro de la fase de secado definitivo.

b) Tener que esperar en el secado definitivo para iniciar la operación, a que el secador esté lleno, lo que demandaría un tiempo muy largo desde el momento en que la primera pasta entra al secador, corriendo el riesgo de que se encuentre en plena fermentación hasta el momento de introducir la última.

La diferencia que existe entre la ventilación y el presecado es la siguiente, en la ventilación se elimina una cantidad muy pequeña de agua entre un 0.5 a 1.0%, además que tiene un efecto pasajero, de corta duración suficiente para facilitar el manejo de las pastas desde la prensa hasta la cámara de presecado.

La fase que sigue al presecado y antecede al secado definitivo es el reblandecimiento que es un tiempo de reposo que consiste en lograr un ablandamiento de la pasta a fin de restablecer, dentro de toda la masa, el equilibrio de humedad momentáneamente roto por la fuerte ventilación llevada a cabo en el presecado que seca la parte externa de las pastas mientras la interna retiene una cantidad elevada de agua.

Si no existiera el ablandamiento se produciría un agrietamiento y ruptura de la forma debido a la diferencia de contracción muy acentuada entre estas dos zonas. El reblandecimiento se obtiene al detener la evaporación y suprimir, por una parte, la ventilación y por otra parte colocar a la pasta en un medio donde la atmósfera está de antemano saturada de humedad. El tiempo de esta operación es variable y no se puede dar con precisión, depende de la forma de la pasta y del grado de saturación de la atmósfera. Cuando la pasta da una sensación de humedad y elasticidad al tacto, la operación de

reblandecimiento es completa. (19,26,63)

6.4.2 Secado Definitivo.

a) Secado Definitivo en Pastas Cortas.

Durante el secado definitivo, el agua que se encuentra en el corazón de la pasta se transporta a la superficie y ésta, que había empezado a desarrollar una costra en la etapa de presecado, empieza a suavizar; después de este período de reblandecimiento se inicia el segundo período de secado durante el cual se comienza a eliminar agua con aire un poco más frío y seco que el del primer período. Conforme el secado avanza el aire se va haciendo más frío y menos húmedo hasta que la operación es prácticamente completa. Por lo general esta serie de períodos se lleva a cabo en 24 horas. Es posible reducir el tiempo de secado si se utiliza un poco más de calor al principio; así como el tiempo de secado se puede ver aumentado hasta 36 horas cuando se usa poco calor. (26,63)

Un secado demasiado rápido no es deseable ya que se obtienen pastas de poca consistencia a la cocción excesiva; un secado lento, sobre todo al principio, da lugar a fermentaciones excesivas produciéndose pastas muy ácidas. (96)

b) Secado Definitivo en Pastas Largas.

Las pastas largas son las más difíciles de manejar y requieren un mayor tiempo de secado. Para ser secadas las pastas largas son colocadas automáticamente en cañas (cilindros de acero inoxidable de aproximadamente 1.5 m. de longitud y 25 mm. de diámetro, recibe la pasta que cae sobre ella al salir del molde al ser cortada y la conduce y sostiene durante toda la operación de secado), que son introducidas en la cámara de secado y por medio de ellas la pasta es movida en un ciclo cerrado dentro de la cámara, así el producto es colocado

en todas las posiciones posibles en una secuencia regular, y así se obtiene el mismo grado de sequedad en la totalidad del producto dentro de la cámara.

El proceso de secado definitivo tiene una duración aproximada de 2:30 horas. (26,98)

6.5 Empacado.

El objetivo del empackado es el de mantener al producto libre de contaminación y protegerlo de daños durante el embarque y almacenamiento, así como mostrarnos el producto favorablemente.

Uno de los materiales más utilizados es la bolsa de polietileno, la cual da protección a prueba de humedad para el producto y es utilizado fácilmente en máquinas automáticas.

Los fabricantes de pasta prefieren empackar sus productos en cajas ya que son fácilmente apilables y dan buena protección a las pastas alimentarias.

En México las formas de presentación de las pastas más comúnmente utilizadas son la bolsa de celofán o polietileno con 200 y 400 gramos; cajas de cartón con 5 ó 10 kilogramos; cajas de cartón con 500 gramos; cajas de cartón con una cara de celofán conteniendo: 200 a 400 gramos. (98)

En la actualidad el empackado no se hace manualmente sino en forma automática.

6.5.1 Empacado de Pastas Cortas.

En México, la presentación más común para pastas cortas son las bolsas de celofán o polietileno de 200 y 400 gramos. Para su empaque se parte de una banda de celofán ya etiquetada, de acuerdo con las especificaciones de las Normas Mexicanas; esta banda es sellada en el costado y en el extremo info

rior y por la parte superior es llenada con la cantidad indicada de pasta y este extremo es también sellado y cortado del resto de la película; este extremo pasa a ser el inferior de la siguiente bolsa y se encuentra ya sellado. La alimentación de la banda es hecha automáticamente por la máquina. (98)

6.5.2 Empacado de Pastas Largas.

Las características de las pastas largas hacen difícil su empaque mecánico, y hasta hace pocos años se hacía en forma semiautomática, mediante la colocación manual de la pasta en la báscula y el vaciado de ella en el paquete y el sellado de éste, hecho por medios mecánicos.

Actualmente se cuenta con máquinas empacadoras automáticas que brindan ventajas como: una mayor capacidad de empaque y más control en la calidad de empaque. (98)

6.5.3 Embalaje.

Una vez empacadas las pastas largas o cortas, se colocan en número determinado hasta completar 5 ó 10 kilogramos, dentro de cajas prefabricadas de cartón con el fin de facilitar su transporte y distribución a los centros de ventas. (98)

6.5.4 Etiquetado.

La "Norma Oficial de Etiquetado o Rotulación de Alimentos y Bebidas Alimenticias", establece "los principios y terminología que se debe aplicar en el etiquetado o rotulación de alimentos y bebidas a fin de orientar al consumidor proporcionándole mediante leyendas, dibujos y demás descripciones fijadas sobre los envases que contengan alimentos o bebidas, datos útiles y veraces relativos a estos productos". (72)

6.6 Producción de Pastas Alimentarias.

El consumo de pastas se mantiene casi constante durante todo el año, excepto cuando hay un incremento en la temperatura, que es también cuando hay mayor variedad de frutas y a menor costo en el mercado, factores que influyen en la reducción del consumo de pastas para sopas.

La producción y por tanto el consumo de pasta se ve incrementado año con año, a pesar de que su valor varió de \$5.00 el kilogramo en 1975 hasta cerca de \$200.00 por kilogramo en 1985, como se puede apreciar en la Tabla 23. El incremento en la producción es debido a su relativo bajo costo y que las pastas forman parte de la dieta popular. (28,29,30,31,32,33,-34)

Tabla 23.- Valor de la producción anual de pastas alimentarias en el período 1975-1983

Clase de Actividad	1975	
	Vol. en toneladas	Valor en miles \$
Pasta alimentaria	104,980	515,461
1976		
Pasta alimentaria	119,083	744,528
1977		
Pasta alimentaria	125,756	950,428
1978		
Pasta alimentaria	128,932	1,036,784
1979		
Pasta alimentaria	134,381	1,244,024
1980		
Pasta alimentaria	135,662	1,428,776
1981		
Pasta alimentaria	136,133	1,815,618
1982		
Pasta alimentaria	146,464	3,702,759
1983		
Pasta alimentaria	148,776	7,978,311

CAPITULO VII

PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA INDUSTRIA DE LAS PASTAS ALIMENTARIAS

CAPITULO VII

PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA INDUSTRIA DE LAS PASTAS ALIMENTARIAS.*

La fabricación de pastas alimentarias consta de cuatro -
pasos fundamentales:

1.- Amasado. En esta fase se logra la distribución uni-
forme de 70 a 80% de harina con 20 a 30% de agua como término
medio.

El tiempo de amasado es de 20 minutos, un tiempo prolongado de amasado es perjudicial ya que el gluten se hace demasiado elástico y después de cierto tiempo empieza a hilar y entonces los gránulos de harina revientan y producen flacidez en la masa, la que se vuelve opaca, con estrias blancas y una vez seca se rompe fácilmente. El tiempo de amasado varía de acuerdo a la variedad de trigo utilizado, el cual se determina por medio del farinograma.

Esta fase no presenta problemas ya que está controlada -
automáticamente.

2.- Prensado. La presión aplicada depende de la dureza de la masa, su temperatura, la velocidad de extrusión, la forma a dar y el tipo de molde. Una masa caliente, suave y húmeda requiere de menor presión que una mezcla fría, seca o dura. La presión aplicada para la elaboración de coditos sería aproximadamente de 560 mm.

Los problemas que se pueden presentar en este paso serían a causa de los desgastes de los orificios de los moldes o cuchillas, ocasionando pastas defectuosas.

*En base a la información de Nabisco Famosa.

3.- Presecado. Los objetivos son: quitar a la pasta, -- dentro de un período corto de tiempo (30 minutos a 1 hora), - dependiendo de la forma de la pasta, una cantidad de agua relativamente elevada de 30% inicial a un 20%; dar estabilidad a la pasta dentro de su forma; abreviar el período de secado definitivo.

El presecado es necesario ya que en esta fase se cumplen condiciones que no es posible cumplir en el secado definitivo como: las condiciones de calor y humedad relativa (H.R. 65 a 70%) requeridas, no pueden lograrse dentro del secado definitivo.

En el presecado hay que evitar demasiado calor para que las pastas no se pongan demasiado rígidas y la humedad quede dentro, y una vez seco el producto se forman grietas y éste es rechazado.

Este paso es crítico y difícil de controlar ya que en algunas industrias se hace manualmente y no en forma automática.

4.- Secado. Estabiliza las cualidades de la materia prima; no debe alterar la forma ni el aspecto de la pasta y la debe hacer inmune a las influencias externas normales; debe establecer un estado de equilibrio entre los principales constituyentes, el almidón y el gluten, tal que la pasta conserve su grado de elasticidad así como una resistencia a la ruptura.

Esta es la etapa final donde al producto se le extrae la humedad que trae del presecado que es de 20% y pasa a tener - de 10 a 12% de humedad.

El tiempo de secado varía dependiendo del tipo de pasta de que se trate, por ejemplo: para el spaghetti son 28 horas, para el codito son 12 horas, y para el fideo fino son 8 horas.

Hoy en día existen secadores que pueden hacer este proce

so en menor tiempo, por ejemplo: la elaboración del spaghetti desde el amasado al secado es de 29 horas y 20 minutos, pero con los nuevos secadores sería aproximadamente de 8 horas.

Esta etapa no presenta problemas ya que está controlada automáticamente.

Otro problema que se presenta durante la elaboración de las pastas son los sobrantes de producto. Por ejemplo: en el cortado del spaghetti, el sobrante es molido y utilizado como harina y se agrega en un 5% en la formulación de las pastas (no más porque el gluten ha perdido su fuerza).

También hay problemas durante el empaque como lo es la ruptura del producto, con la consiguiente pérdida del mismo, lo que resulta cuantioso a la industria, por lo tanto las máquinas dosificadoras no dejan caer al producto en vertical, sino que están provistas de rampas por las cuales se desliza la pasta hasta llegar al empaque, evitando así pérdidas por roturas.

Un problema más está en el empaque, ya que requiere mucha mano de obra, lo que resulta cuantioso a la industria.

Las industrias de pastas que están automatizadas presentan menos problemas en el producto, que las industrias donde interviene la mano de obra o el criterio de los maestros pasteros.

Actualmente la industria del sector de pastas, trabaja las 24 horas de todos los días del año, para satisfacer la demanda del mercado.

Cualquier beneficio o mejora desde el punto de vista técnico ayudará al incremento de la productividad y de la calidad de los productos que actualmente se elaboran.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

El trigo es uno de los cereales más ampliamente distribuido y consumido a lo largo de todo el mundo. En el noroeste de México, en el estado de Sonora se obtiene aproximadamente el 50% de la producción nacional de trigo, ocupando el trigo duro el 30% del área triguera.

El Triticum durum es tetraploide, de granos extraordinariamente duros, de color ámbar o café rojizo.

La humedad óptima de molienda del trigo duro varía entre 15.5 a 17.5%, con un rendimiento harinero del 60.5%.

El primer aminoácido restrictivo o limitante en las proteínas del trigo como en otros cereales es la lisina, por tanto el porcentaje de lisina en la proteína del trigo y los cereales constituye el indicador de la calidad proteínica.

Para la elaboración de las pastas alimentarias se utiliza harina o sémola de trigos duros con agua potable, en la proporción de 70 a 80% de harina con 20 a 30% de agua, como término medio y con la adición de otros productos, para mejorar su calidad, capacidad nutritiva, presentación o conservación.

La fabricación de pastas consta de 4 pasos fundamentales: amasado, prensado, presecado y secado; de los cuales el presecado es el paso crítico y difícil de controlar, del cual depende que el producto terminado tenga las características específicas de las pastas alimentarias.

La buena pasta debe tener de un 12 a 13% de humedad para favorecer su conservación, tener un sabor, olor y color característicos, atractivos para el consumidor.

El trigo y las pastas alimentarias considerados aisladamente no satisfacen todas las necesidades de nutrientes, ya que éstos contienen menos proteína que otros alimentos como las leguminosas, la carne, el pescado, los huevos, y el queso; pero si se combinan con cualquiera de estos alimentos, cubren el aporte energético satisfactoriamente.

El presente trabajo recopila diversa bibliografía sobre el Triticum durum y la fabricación de pastas alimentarias, -- por lo que cumple con el objetivo fundamental de poder ser empleado por estudiantes o personas interesadas en el tema.

CAPITULO IX

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO IX

B I B L I O G R A F I A

1. American Association of Cereal Chemists. A.A.C.C. 1969. Methods of Analysis. St. Paul Minnesota.
2. Aykrod, W.E. and Voughty, J. El trigo en la alimentación humana. ONU para la agricultura y la alimentación, Roma. 1970.
3. Bender, E. Arnold. Valor nutritivo de los alimentos. Ed. Limusa. 1972.
4. Berry, C.P., D'Appoloni, B.L. and Gillos, K.A. 1971. The Characterization of triticale starch and its comparison with starches of rye, durum and HRS wheat. Cereal Chem. 48: 415-425.
5. Bloksma, A.H. and Hlymra, L.A. 1966. The effect of remixing on the structural relaxation of unleavened dough. Cereal Chem. 37:352-356.
6. Bollard, E.G. 1969. Mineral nutrition of plants. Ann. Rev Plant Physiol. 17:77-80.
7. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. -- 1974. CIMMYT. REVIEW. El batán, México. pp. 19-26.
8. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. -- 1975. CIMMYT. REVIEW. El Batán, México. pp. 40-45, 92-94.
9. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. -- 1976. CIMMYT. REVIEW. El Batán, México. pp. 61-64.
10. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. -- 1977. CIMMYT. REVIEW. El Batán, México. pp. 68-75.
11. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. -- 1978. CIMMYT. REVIEW. El Batán, México. pp. 79-86.
12. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. -- 1979. CIMMYT. REVIEW. El Batán, México. pp. 76-86.

13. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. -- 1980. CIMMYT. REVIEW. El Batán, México. pp. 59-62.
14. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. -- 1981. CIMMYT. REVIEW. El Batán, México. pp. 56-59.
15. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. -- 1982. CIMMYT. REVIEW. El Batán, México. pp. 71-77.
16. Chen, C.H. and Ushuk, W. 1970. Nature of protein in -- wheat. Can. J. Plant Sci. 50:9.
17. Chopin, M.P. 1960. Determination of baking value of -- wheat by measure of specific energy of deformation of -- dough. Cereal Chem. 44:1.
18. Clearson, J. and Jeason, A. 1969. Mineral nutrition in -- plant. Ann. Rev. Plant Physiol. 17:100-102.
19. Combelli, R.F. Fabricación de fideos y otras pastas alimentarias. Barcelona, España. 1952.
20. Cronquist, A. Introducción a la botánica. CECSA. México. 1977.
21. Datos de Fábrica Nabisco. México.
22. Davis, K.R., Littenecker, N. and McGinnis, J. 1980. Evaluation of the nutrient composition of wheat. I. Lipid. Constituents. Cereal Chem. 57 (3):178-184.
23. Davis, K.R. and Peter, L.J. 1984. Variability of the vitamins content in wheat. Cereal Food World. 29(6):364-366.
24. Desroiser, W.N. Elementos de tecnología de alimentos. CECSA. México. 1983.
25. Dick, J.W. 1985. Rheology of Durum. A.A.C.C. St. Paul Minnesota.
26. Dürer, F. Enrichment of macaroni with milk protein. Agricultural Chemical Institute, ETH. Zurich. 1980.

27. Epstien, E. 1971. The essential roel of calcium in selective cation transport by plant cells. *Plant Physiol* 36: 437-44.
28. Estadística Industrial Anual de 1975. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. S.P.P. México.
29. Estadística Industrial Anual de 1980. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. S.P.P. México.
30. Estadística Industrial Anual de 1981. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. S.P.P. México.
31. Estadística Industrial Anual de 1982. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. S.P.P. México.
32. Encuesta Industrial Mensual de 1984. Mayo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. S.P.P. México.
33. Encuesta Industrial Mensual de 1984. Junio. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. S.P.P. México.
34. Encuesta Industrial Mensual de 1984. Julio. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. S.P.P. México.
35. Frazier, W.C. Microbiología de los alimentos. Ed. Acriba, 2a. ed. 1976. pp. 183-194, 372-380.
36. Guillen, S.F. 1969. Estimación de las cualidades panaderas de ocho variedades de trigo y sus implicaciones en la industria de panificación. Tesis de Lic. Escuela de Agr. de Chapingo.
37. Heinrich, E.R. and Hill, R.D. 1971. Comparison of pentosans from wheat and its parental species. Proc. 56 th. annual A.A.C.C. Meetin Dallas, Texas.
38. Hernández Mercedes, Chávez Adolfo, Bourges Héctor. Valor Nutritivo de los alimentos mexicanos. Tablas de uso práctico. Publicaciones de la división de Nutrición L-12-7a. od. I.N.N. 1977.

39. Hew, C.L. and Unrau, A.M. 1970. Investigation of the starch componente of wheat and its parental spacies. *J. Agr. Food Chem.* 18:657-662.
40. Inglitt, E.G. *Wheat: Production and utilization.* AVI. USA. 1974.
41. Instituto Nacional de Investigaciones Agricolas. *Variedades de trigo duro en el Bajío. México.* 1985.
42. Instituto Nacional de Investigaciones Agricolas. *Variedades de trigo duro en el Valle del Mayo. México.* 1985.
43. Instituto Nacional de Investigaciones Agricolas. *Nueva variedad de trigo duro "Altar C84". Cd. Obregón, Sonora. México.* 1985.
44. Johnston, R.A., Avick, J.S. and Donnelly, B.J. 1980. Note on comarison of pigmente extraction and reflectance colorimeter methods for evaluatin semolina color. *Cereal Chem.* 57(6):447-448.
45. Jones, M.J. 1969. Trace elements inhuman nutrition the contribucion of cereals. *Cereal Food World* 22(11):573-578.
46. Joppa, L.R., Lesbsock, K.L. and Usch, R.H. 1971. Yield stability of selective spring wheat cultivars. *Informe regional nurseries. Crop. Sci.* 11:238-241.
47. Kansas. 1986. Whear commision. Kernel of wheat. *Food Technol* 40(2):121-125.
48. Karger, S. 1972. Foods to expanding world nutrition. *Proceeding of the ninthe International Congress on Nutrition Vol. 3.*
49. Kent-Jones, W.D., Amos, J.A. *Modern Cereal Chemistry.* Sixthe Ed. Food Trade Press, Ltd. London. 1968.
50. Kent, N.L. *Tecnologia de cereales.* Ed. Acriba. Zaragoza, España, 1971.

51. Kent, N.L. Technology of cereals. Pergamon Press Oxford, England. 1975.
52. Kies, C. and Fox, H.M. 1970a. Protein nutritive value of wheat grain for humans studied at low levels of protein intake. Cereal Chem. 47:671.
53. Kies, C. and Fox, H.M. 1970b. Determination of the first limiting amino acid of wheat grain for humans. Cereal - - Chem. 47:615-620.
54. Klassen, A.J., Hill, R.V. and Larter, E.N. 1971. Alpha-amylase activity and carbohydrate content as related to kernel development in wheat. Crop. Sci. 11:265-270.
55. Knipfel, J.E. 1969. Comparative protein quality of wheat, triticale and rye. Cereal Chem. 46:313-315.
56. La Difusión de la pasta en el mundo. Boletín Braibanti. Año XII 67/2.
57. Lachance, A.P. 1981. The role of Cereal grain products in us diet. Food Technol. 35(3):49-58.
58. Lehninger, L.A. Bioquímica. Ed. Omega. S.A. 2a. ed. 1978.
59. Leopold, A.C. Plant growth and development. Mc. Graw-Hill, New York. USA. 1980.
60. Lintas, A. and D'Appolonia, B.L. 1972. Note of the effect of purification treatment on water-soluble pentosans. Cereal Che. 49:731-736.
61. López Belindo, L. 1980. Calidad del trigo. Agricultura 45:28-40.
62. Lorenz, K. and Maga, J. 1972. Wheat flour studies: composition of fatty acids, carbonyls and hydrocarbons. J. Agr. Food Chem. 20:769-774.
63. Macaroni products fabrication technology. Boletino Buhler 5/18/1972.

64. Madl, R.L. and Tsen, C.C. 1973. Proteolytic activity -- of wheat. *Cereal Chem.* 50:215-219.
65. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. 1968. Structural Characterización of a pentosan from the water-insoluble portion of durum wheat endosperm. *Cereal Chem.* 45:550-555.
66. Medcalf, D.G., D'Appolonia, B.L. and Gilles, K.A. 1968. Comparision of chemical composition and properties between Hard Red Spring and Durum wheat endosperm. *Cereal Chem.* 45:539-549.
67. Moreno, R., Alvarez, M. Las royas del trigo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Chapingo, México. 1984.
68. Nogara, Silvo. Elaboración de pastas para sopa. Ed. Acriba Zaragoza, España. 1969.
69. Norma Oficial Mexicana para pastas de harina de trigo y/o semolina para sopa y sus variedades. NOM-F-23-S-1980. D.G.N.
70. Norma Oficial Mexicana para productos alimenticios no industrializados para uso humano cereales-trigo, método de pruebas. NOM-FF-55-1984. D.G.N.
71. Norma Oficial Mexicana. Productos alimenticios no industrializados para uso humano-cereales-trigo (*Triticum aestivum* y *Triticum durum*). Especificaciones. NOM-FF-36-1984. D.G.N.
72. Norma Oficial Mexicana de Etiquetado o rotulación de alimentos y bebidas alimenticias. NOM-F-228-1972. D.G.N.
73. Oronoz, Y.R. Botánica. ECLALSA, México. 1979.
74. Pomeranz, Y. 1976. Advances in cereal Science and technology. Vol. I. A.A.C.C. St. Paul Minnesota.
75. Pomeranz, Y. 1971a. Wheat Chemistry and Technology. Vol. 3 A.A.C.C. St. Paul Minnesota.

76. Pratt, D.F. 1971. Criteria of flour quality in wheat chemistry and technology. Ed. Y. Pomeranz. A.A.C.C. St. Paul Minnesota. pp. 212.
77. Prescott, J.M., Burnett, P.A., Saari, E.E. et al. Enfermedades y plagas del trigo: guía para su identificación en el campo. Publicaciones del CIMMYT. 1986.
78. Preston, K.R., Dexter, J.E. and Kruger, J.E. 1978. Relationship of exoproteolytic and endoproteolytic activity to storage protein hidrolisis in germinating durum and Hard Red Spring Wheat. Cereal Chem. 55(6):877-888.
79. Pyler, E.J. Baking science & technology. Ed. Siebel Publishing Company. 2a. ed. Vol. II. 1973.
80. Kenom, N., Ferrer, R. Fabricación de pastas alimentarias. Serrahima y Urpi. S.L. Barcelona, España. 1960.
81. Ruckman, J.E., Zscheile, F.P., Jr and Qualset, Co. 1973. Protein, lysine and grain yields of wheat as influenciad by genotype. J. Agr. Food Chem. 21:697-700.
82. Sanderst, R.M. 1961. The funtion of starch in the baking of bread. Bakers Dig. 35(3):36.
83. Shuey, W.C. 1960. A wheat sizing tecnique for predicting flour milling yield. Cereal Scie. Today 5:71.
84. Stenvert, N.L. 1972. The measurement of wheat hardness its effect of the milling characteristics. Cereal Sci to day. 12:159-164.
85. Stubbs, R.W., Precott, J.M., Saari, E.E. and Dublin, H. J. Manual de metodologia sobre las onfermedades de los cereales. Publicaciones del CIMMYT. 1986.
86. Swanson, C.D. and Working, E.B. 1963. Testing quality of flour by recording doughmixer. Cereal Chem. 40:1.
87. Vaisey, M. and Unrau, A.M. 1964. Chemical constituents of flour from cytologically sinthetizize and natural cereal species. J. Agr. Food Chem. 12(1):84-86.

88. Villegas, Evangelina, Mc. Donald, C.E. and Gilles, K.A. 1970. Variability in the lysine content of wheat, rye, and triticale proteins. *Cereal Chem.* 47(6):746-756.
89. Wachalewski, J.R., Tkachuk, K. 1978. Durum wheat alfa-amylases. *Cereal Chem.* 55(2):148-150.
90. Walsh, D.E. and Gilles, K.A. Macaroni products. AVI publishing. Westport, Connecticut. pp. 333-353. 1979.
91. Watt, Brenice K. and Merrill, Annabell, I. Composition of foods. USDA. Agr. Handbook 8. 1967.
92. Welsh, J. and Lorenz, K. 1974. Environmental effect on utilization and agronomic performance of California grow durum wheat. Ed. Tsen. A.A.C.C. St. Paul Minnesota.
93. Winston, James, Macarroni noodles pasta products. The AVI publishing C., Inc. Westport, Conn. 1968.
94. Wolnik, A.K. 1983. Elements in major raw agricultura crop in the United States. *J. Agr. Food Chem.* 31(6):1244-1248.
95. Wolston, E.B. 1984. Factores que limitan la producci3n del trigo. Apuntes.
96. Zeleny, L.A. 1971. Criterial of wheat quality, In wheat chemistry and technology. Ed. Y. Pomeranz A.A.C.C. St. Paul Minnesota. pp. 19-49.
97. Zojas, M.G. Fisiologia Vegetal aplicada. Pergamon. Press. Oxford, England. 1969.
98. Zummel, Ch. Macarroni products, manufacture, processing and packing. Food Trade Press. Ltd. London 1968.