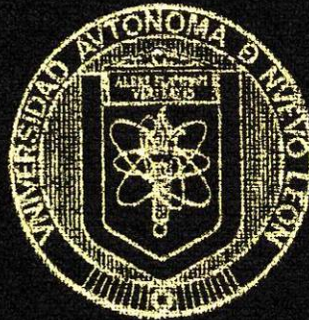


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EL TRIGO, SU PROCESO Y ANALISIS
DE LA HARINA

SEMINARIO
(OPCION II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA
FERNANDO MARROQUIN GARCIA

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE DE 1987

T

TX558

.W5

M3

C.1



DEDICATORIA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

A DIOS.

Por haberme
momento tan importante de mi vida.

FACULTAD DE AGRONOMIA



SR. JOSÉ MARROQUIN MARTINEZ

SRA. SILVIA GARCIA DE MARROQUIN

EL TRIGO, SU PROCESO Y ANALISIS
DE LA HARINA

SEMINARIO
(OPCION II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA
FERNANDO MARROQUIN GARCIA

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE DE 1987

07578

7
TX558
.W5
M3

090.664
FA2
1987
C.5



Biblioteca Central
Magna Solidaridad



UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

Fites

D E D I C A T O R I A

A DIOS.

Por haberme permitido llegar a este
momento tan importante en mi vida.

A MIS PADRES;

SR. JOSE MARROQUIN MARTINEZ

SRA. ELVIRA GARCIA DE MARROQUIN

Por el gran apoyo y estímulo que me
han brindado para hacer posible la
realización de mi carrera.

A MIS HERMANOS;

MARIA ANGELA

AMANDA

A G R A D E C I M I E N T O

Mi especial gratitud y sincero agradecimiento a mis asesores:

ING. M.C. FELIPE DE JESUS CARDENAS GUZMAN

Y

ING. BIOQUIMICO ROMULO FLORES DE LA PEÑA

Por el gran apoyo brindado en la realización de este trabajo.

A MIS MAESTROS

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS.

I N D I C E

	Pág.
1. INTRODUCCION.....	1
2. HISTORIA DEL TRIGO.....	2
3. CLASIFICACION.....	7
4. VALOR NUTRITIVO DEL TRIGO.....	9
4.1. Proteínas.....	13
4.1.1. Propiedades de las proteínas.....	16
4.1.2. Valor biológico de las proteínas.....	18
4.2. Almidón.....	21
4.3. Aceites o grasas.....	24
4.4. Azúcares.....	24
4.5. Sales minerales o cenizas.....	25
4.6. Humedad de la harina.....	26
5. LIMPIEZA DEL TRIGO.....	28
5.1. Técnicas de separación de partículas indesea--	
bles.....	29
5.1.1. Lavado del trigo.....	29
5.1.2. Calibradores.....	29
5.1.3. Clasificadores de disco y triarbejones.	29
5.1.4. Aspiración.....	30
5.1.5. Separación electrostática.....	30
6. ACONDICIONAMIENTO.....	32
6.1. Técnicas de acondicionamiento.....	34
6.1.1. Mezclado de trigos.....	34
6.1.2. Acondicionamiento frío.....	34
6.1.3. Acondicionamiento templado.....	35

	Pág.
6.1.4. Acondicionamiento caliente.....	35
6.1.5. Acondicionamiento por vapor.....	36
7. OBTENCION DE HARINA.....	37
8. LA MOLIENDA DEL TRIGO.....	39
8.1. Terminología.....	39
8.2. Principios de la molienda.....	41
9. ANALISIS DE HARINAS.....	50
9.1. Muestreo de la harina.....	50
9.2. Tipos de análisis.....	53
9.3. Determinación de humedad.....	54
9.4. Determinación de cenizas.....	55
9.5. Determinación de proteína total cruda.....	57
9.6. Prueba de lavado del gluten crudo.....	58
9.7. Análisis de almidón.....	60
9.8. Prueba de absorción.....	61
9.9. Análisis del color de la harina.....	62
9.10. Análisis químicos misceláneos.....	64
10. BIBLIOGRAFIA.....	66

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS:	Pág.
1 Especies de trigo.....	4
2 Contenido de calorías y nutrientes en el trigo y otros cereales.....	10
3 Constituyentes y rendimientos calóricos de las distintas partes del grano de trigo.....	12
4 Contenido de ciertas vitaminas en las distintas partes del grano de trigo.....	13
5 Porcentajes de los constituyentes del gluten crudo.	15
6 Clasificación de las proteínas de la harina, de acuerdo con su solubilidad.....	18
7 Contenido de aminoácidos en el trigo entero en la harina de trigo de diferentes grados de extracción y en el huevo completo.....	20
8 Porcentajes de cenizas en harinas de distintos grados.....	25
9 Análisis de cenizas.....	25

	Pág.
10 Humedades óptimas en la molienda.....	33
11 Esquema cuantitativo de molienda.....	42

FIGURAS:

1 Sección longitudinal de un grano de trigo.....	6
2 Diagrama de la sección longitudinal de un grano de trigo (forma más simple).....	11
3 Cilindros estriados y estrías.....	43
4 Molienda. Diagrama ejemplificativo.....	45

1. INTRODUCCION

Desde sus inicios, la humanidad ha sustentado una lucha --
continua contra el hambre que es y seguirá siendo uno de sus --
principales enemigos. Sin embargo, la importancia de la tecno-
logía de los alimentos fué reconocida muy recientemente y ape-
nas 20 años se manifiesta en todo el mundo como una verdadera -
preocupación por la implementación de metodologías para la pro-
ducción, el procesamiento y la conservación de productos alimen-
ticios.

El trigo es la planta alimenticia de más extenso cultivo -
en el mundo entero. Más de 1000 millones de seres humanos lo -
consumen en diversas formas y contribuye en mayor proporción -
que ningún otro alimento a suministrar calorías y proteínas al-
hombre.

Desde el comienzo del siglo actual, la producción mundial-
de trigo se ha duplicado con creces y excede ya de 300 millo-
nes de toneladas al año. Las cantidades de trigo que pasan al-
mercado mundial son mayores que las de todos los demás cereales
juntos y más de un quinto de la cosecha triguera mundial se ex-
porta por los países productores.

La finalidad de este trabajo es proporcionar una fuente de
información práctica sobre varios aspectos importantes del gra-
no de trigo, además contemplar el proceso y algunos análisis de
importancia realizados en harinas.

2. HISTORIA DEL TRIGO

La planta de trigo es un miembro de la familia de las gramíneas, que comprende unos 600 géneros y más de 5000 especies. Aunque las gramíneas tienen gran diversidad de aspecto, presentan gran número de similitudes en la estructura de las raíces, los tallos y las hojas.

Todos los trigos, sean silvestres o cultivados, se hallan incluidos en el género *Triticum*, del cual se conocen comúnmente 14 especies, que figuran en la tabla 1. 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. Parece ser que los trigos tetraploides y hexaploides han sido originados todos ellos por los antiguos trigos diploides, generalmente mediante hibridación con gramíneas silvestres afines.

Parece probable que el cultivo de trigo se iniciara en Asia, pese a todas las incertidumbres, existen buenas razones para suponer que en la llamada Media Luna Fértil de Asia Occidental, el trigo y otras plantas silvestres indígenas empezaron a ser cultivadas entre los años 8000 a 6000 antes de J.C. ó quizás en tiempos aún más remotos.

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 gra-

nos cosechados en materias adecuadas para el consumo diario, esto es, se deben a la tecnología de los alimentos en el más alto sentido de este término. El método más primitivo consistía en resecar o tostar los granos sobre piedras muy calientes, lo que hacía que se aflojara la cascarilla o gluma y facilitaba su separación del grano, a semejanza del sancochado del arroz. Los trigos más antiguos tenían una cascarilla que no podía quitarse fácilmente en la trilla.

Tadavía quedan en el mundo algunos rincones donde se comen cereales tostados. Más tarde, o tal vez simultáneamente, se redujeron a harina, tras de tostarlos o sin haberlos sometido a la acción del calor, y se les agregó agua cociéndolos después para obtener una especie de gachas o puchas, como la polenta, que se hace con maíz. Al principio la molienda se hacía colocando los granos entre las piedras y restregando una contra otra, también se molía el trigo en un mortero. A estos instrumentos les sucedió el rabil, que aplasta el grano entre dos piedras cilíndricas, una fija y otra que se gira a mano. Cualquiera que fuese el procedimiento empleado, la multuración del grano a brazo era una tarea tan penosa y árida que casi siempre era encomendada a los sirvientes menos estimados o a los esclavos. El rabil fue, en cierto modo, el predecesor del molino clásico, provisto de grandes y pesadas muelas, movidas en los primeros tiempos mediante fuerza animal o el esfuerzo de varios hombres.

Tabla 1. Especies de trigo.

Especie	Nombre latino	Nombre común	Número de cromosomas
Diploides	<u>T. aegilpoides</u>	Escaña silvestre	7
	<u>T. monococcum</u>	Escaña menor	7
Tetraploides	<u>T. dicoccooides</u>	Almidonero silvestre	14
	<u>T. dicoccum</u>	Almidonero	14
	<u>T. durum</u>	Trigo duro o siciliano	14
	<u>T. persieum</u>	Trigo de Persia	14
	<u>T. turgidum</u>	Trigo redondillo, jeta de monte o trigo de grano giboso	14
	<u>T. polonicum</u>	Trigo Polaco	14
Hexaploides	<u>T. timophoevi</u>	Carece de nombre común	14
	<u>T. aestivum o vulgare</u>	Trigo candeal	21
	<u>T. sphaerococcum</u>	Trigo indio o enano	21
	<u>T. compactum</u>	Trigo racimoso	21
	<u>T. spelta</u>	Escanda, escaña mayor o espelta	21
	<u>T. macha</u>	Trigo macha	21

De la tabla anterior podemos mencionar tres variedades de trigo de gran importancia; Triticum vulgare, Triticum durum y - y Triticum compactum.

El primero es el más idóneo para hacer harinas para pan; - el segundo para la fabricación de pastas y el tercero para la - producción de harina de confitería.

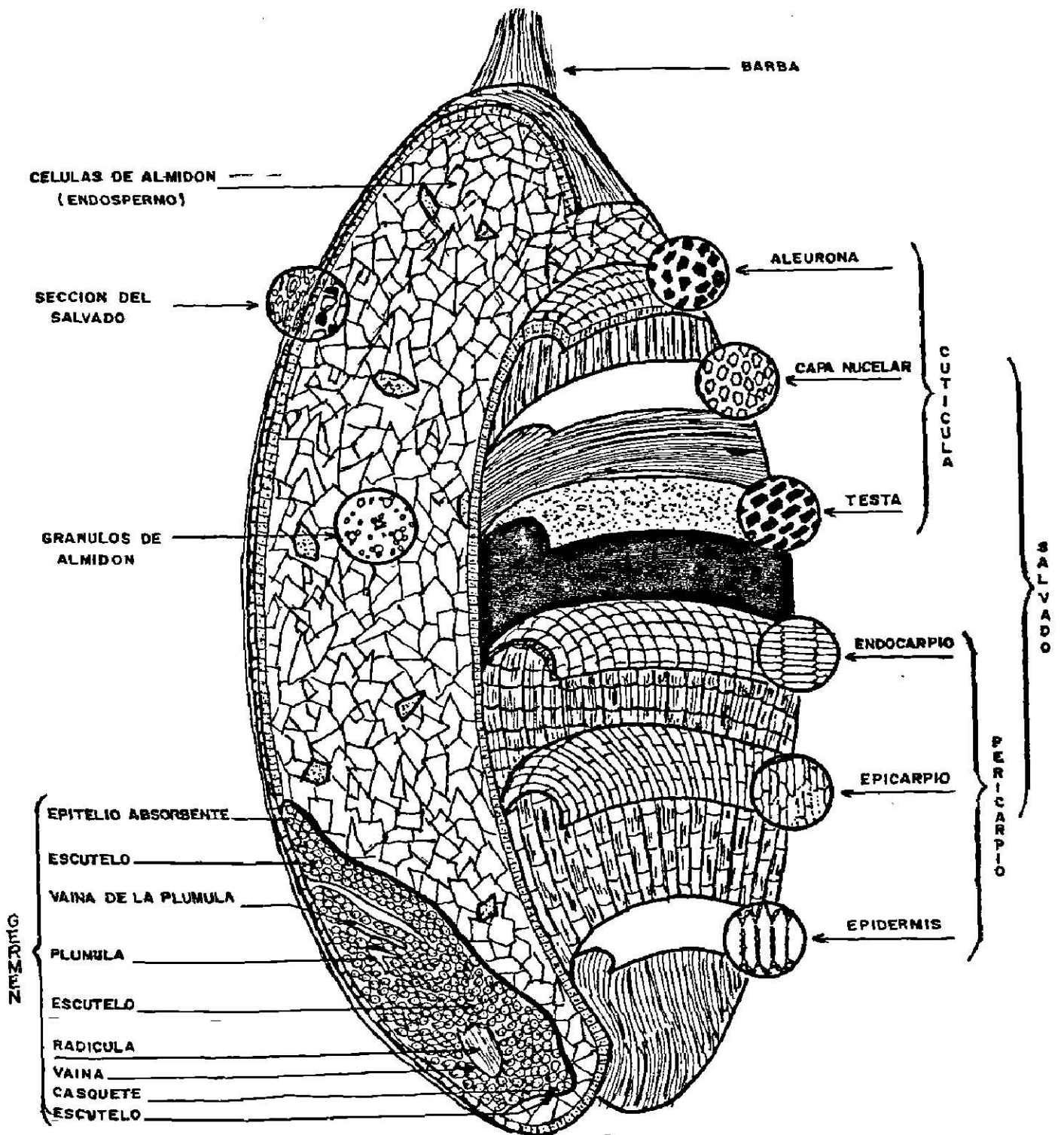


Figura 1, Sección longitudinal de un grano de trigo.

3. CLASIFICACION

Los trigos se clasifican según sus diversas características. Desde el punto de vista agrícola la distinción entre trigos de invierno y trigos de primavera es la más importante de todas. Por lo general, los trigos de invierno dan elevados rendimientos y están menos expuestos que los de primavera a los efectos de las perturbaciones meteorológicas desfavorables de corta duración. Se crían principalmente en comarcas cuyo suelo no sufre fuertes heladas, por ejemplo en Europa occidental, en la parte meridional de los E.U.A., en la Argentina y en Oceanía.

Los trigos de primavera se siembran lo antes posible en esta estación del año, cuando ya han pasado los fríos intensos del invierno y se recolectan antes de las primeras heladas del otoño. Constituyen la principal cosecha triguera de Canadá de los Estados septentrionales de los Estados Unidos de América, y de la U.R.S.S., más del 95% del trigo canadiense se siembra en primavera.

Se utiliza el término de trigos duros y trigos blandos; las variedades del trigo de primavera suelen ser duros, y producen una harina granular, consistente primordialmente en células endospermas, que se separan rápidamente del salvado y se cierran fácilmente. Por lo contrario, los trigos de invierno tienden a ser blandos y dan una harina fina, compuesta de fragmentos irregulares de células endospermas.

La dureza y la blandura están relacionadas con mayor o menor fuerza o debilidad de la harina y con diferencia en la cantidad y naturaleza de las proteínas presentes.

La harina fuerte es muy adecuada para panificar, debido a que su elevado contenido de gluten le da una elasticidad que --permite obtener panes grandes y porosos de poco peso. En cambio, la harina débil, que contiene una cantidad de gluten algo menor, se utiliza sobre todo para hacer galletas, bollos y otros muchos productos de trigo, distintos al pan. Otra forma de clasificar es por el color de la semilla pudiendo hablar de trigos rojos y trigos blancos.

4. VALOR NUTRITIVO DEL TRIGO

La Tabla 2 indica el rendimiento de calorías y el contenido de ciertos nutrientes en el trigo y en otros cereales importantes.

Las cifras se refieren en todos los casos al grano entero, despojando de su envoltura protectora exterior o cascari-
lla. Cabe señalar que la mayoría de ellas se han tomado de --
las tablas de composición de alimentos para uso internacional --
(FAO)

La figura 2 muestra en una forma más simple algunas de las partes del grano de trigo.

Tabla 2. Contenido de calorías y nutrientes en el trigo y otros cereales¹

Cereal	Agua	Calorías	Proteínas ²	Grasa	total de carbohidratos (incluidos en fibras)	Calcio	Hierro	Tiamina	Ribo- flavina	Ácido nicotí- nico
	gramos		gramos	gramos	gramos	gramos	gramos	gramos	gramos	gramos
Trigo (duro)	12	322	13,8	2,0	70	37	4,1	0,45	0,13	5,4
Trigo (blando)	12	333	10,5	1,9	74	35	3,9	0,38	0,08	4,3
Arroz	13	357	7,5	1,8	77	15	1,4	0,33	0,05	4,6
Maíz	12	356	9,5	4,3	73	10	2,3	0,45	0,11	2,0
Cebada	12	332	11,0	1,8	73	33	3,6	0,46	0,12	5,5
Centeno	12	319	11,0	1,9	73	38	3,7	0,41	0,16	1,3
Avena	9	368	11,2	7,5	70	60	5,0	0,50	0,15	1,0
Sorgo	12	355	9,7	3,4	73	32	4,5	0,50	0,12	3,5
Mijo africano (<u>Eleusine corocana</u>)	12	336	5,6	1,5	78	350	5,0	0,30	0,10	1,4
Mijo americano (<u>Pennisetum americana</u>)	12	363	10,3	5,0	71	25	3,0	0,30	0,15	2,0

¹Por 100 gramos

²El contenido protéico se ha calculado obteniendo el producto nitrógeno 5,83.

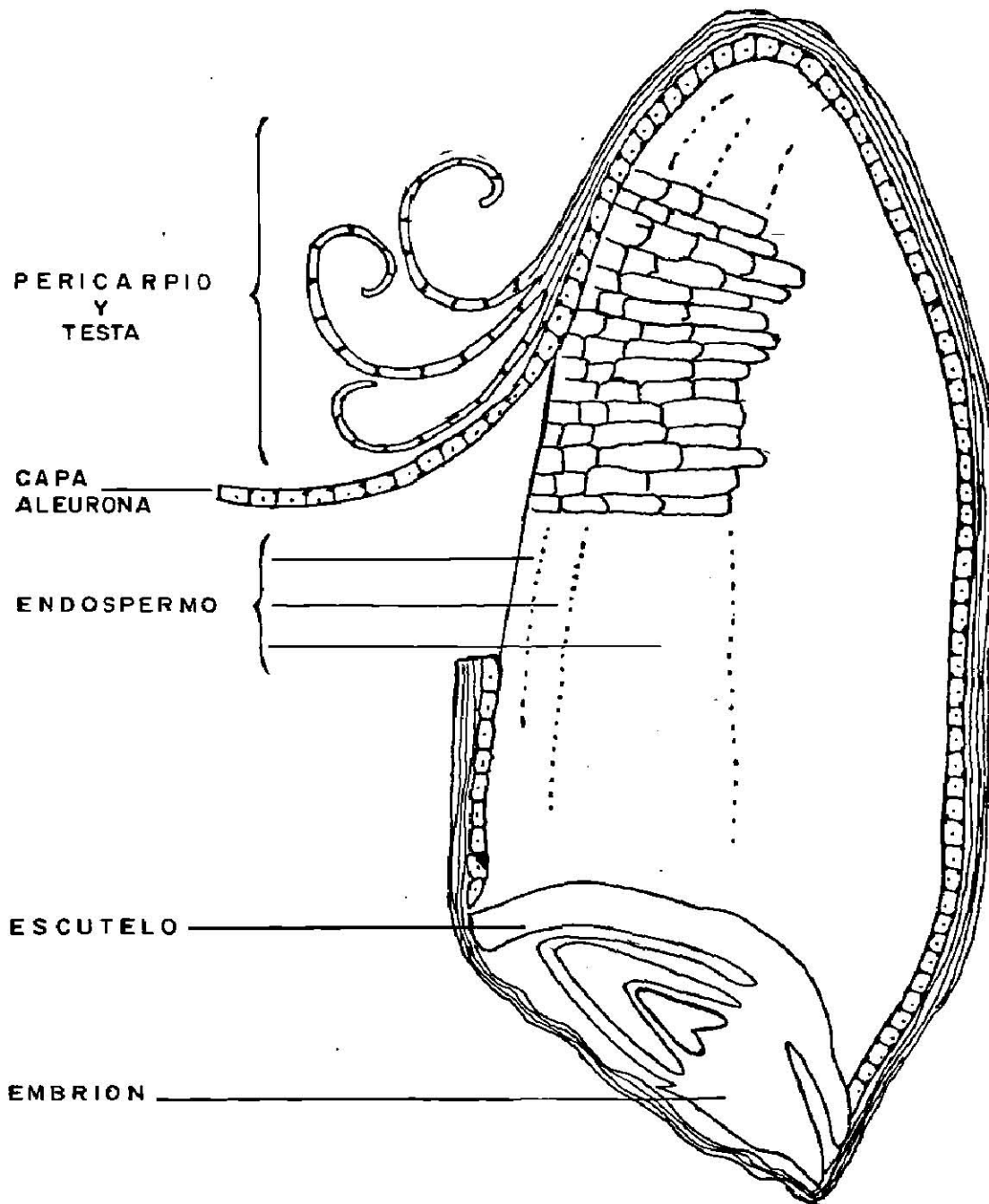


Figura 2. Diagrama de la sección longitudinal de un grano de trigo (forma más simple).

Tabla 3. Constituyentes y rendimientos calóricos¹ de las distintas partes del grano de trigo².

Parte del grano	Almidón	Azúcares reductores	Pentosanas y carbohidratos	Celulosa	Proteínas crudas	Materias grasas	Cenizas	Calorías
gramos.....							
Grano entero	58,5	2,0	6,6	2,3	12,0	1,8	1,8	310
Pericarpio	0,0	0,0	34,5	38,0	7,5	0,0	5,0	175
Testa y capa hialina	0,0	0,0	50,5	11,0	15,5	0,0	8,0	175
Capa aleurona	0,0	0,0	38,5	3,5	24,0	8,0	11,0	244
Endospermo externo	62,7	1,6	1,4	0,3	16,0	2,2	0,8	345
Endospermo interno	71,7	1,6	1,4	0,3	7,9	1,6	0,5	344
Embrión y escutelo	0,0	26,0	6,5	2,0	26,0	10,0	4,5	350

¹ Por 100 gramos

² Contenido de humedad: 15 %

Tabla 4. Contenido de ciertas vitaminas en las distintas partes del grano de trigo^{1,2}.

Parte del grano Clase de trigo	Tiamina	Acido nicotínico		Hidrocloruro de piridoxina	Acido Panto-ténico	Riboflavina
	Inglés blando		Manitoba			
.....Miligramos.....						
Pericarpio, testa y capa hialina	0,06	2,00	2,57	0,60	0,78	0,10
Capa aleurona	1,65	61,30	74,10	3,60	4,51	1,00
Endospermo externo	0,03	1,50	2,70	0,06	0,39	0,07
Endospermo interno	0,01	0,47	0,55	0,03		
Embrión	0,84	5,20	3,85	2,11	1,71	1,38
Escutelo	1 5,6	3,80	3,82	2,32	1,41	1,27

¹Por 100 gramos

²Contenido de humedad: 13 %

4.1. Proteínas

Las proteínas de la harina se pueden dividir en cuatro grupos:

- 1) Solubles en agua fría.
- 2) Solubles en disolución salina.
- 3) Solubles en alcohol del 75%.
- 4) Insolubles en cualquiera de estos disolventes.

Las proteínas solubles están formadas por dos sustancias típicas: albúmina, que es soluble en agua y globulina, soluble en solución salina. Hay también sustancias de estructura y com

posición algo más simple, llamadas proteosas y peptonas, las cuales son utilizadas por la levadura como alimento.

Las proteínas insolubles constituyen el gluten, que se pueden separar por lavado de cualquier harina de trigo. Se considera que el gluten está compuesto por gliadina, globulina, glutenina y pequeñas cantidades de aceite, fibra o celulosa y sales minerales.

El gluten se forma únicamente cuando se añade agua a la harina y se obtiene una "masa". Se han supuesto muchas teorías respecto a su formación; la única que se ha aceptado durante mucho tiempo, es la llamada "teoría de la hidratación", según la cual el efecto es coloidal; la sustancia protéica que está en cierta forma imbebe agua y se hidrata.

El gluten que se puede obtener por lavado de una "masa" es gluten húmedo; en él, aproximadamente, los dos tercios del peso son de agua.

La cantidad de gluten que se obtiene de la harina depende de la naturaleza de los trigos de los que se obtuvo. También depende de la finura de la harina; cuanto más fina, menor el porcentaje de gluten.

Las dos proteínas más importantes del gluten son la gliadina y la glutenina. Se considera que la gliadina confiere al gluten plasticidad y elasticidad, mientras que la glutenina se encarga de la estructura. Cuanto mayor es la cantidad de gliadina, más blando es el gluten.

Las proteínas no están distribuidas uniformemente por todo el grano de trigo; el salvado y el germen son mucho más ricos en proteínas que el endospermo; el centro no es tan rico en proteínas como las partes exteriores.

Además no todos los trigos del mismo tipo tienen el gluten con las mismas características físicas, por lo tanto unos trigos dan mejor gluten que otros.

Finalmente, debe recordarse que para los fines de panificación y repostería, lo importante es la calidad del gluten, más que su cantidad (dentro de ciertos límites). El gluten forma el esqueleto de la masa y determina el carácter físico de ella. La capacidad para retener el gas depende de su calidad.

En la siguiente tabla se dan los porcentajes de los diferentes constituyentes del gluten:

Tabla 5. Porcentajes de los constituyentes del gluten crudo.

	% en peso
Proteína total presente ¹	80.91
Extracto etéreo (incluye aceites, lípidos, etc.)	4.20
Fibras o celulosa	2.02
Cenizas	2.48
Hidratos de carbono, almidón, etc.	9.44
Humedad	0.95
	<u>100.00</u>

¹Proteínas totales constituidas por: gliadina (39.09%); glutenina (35.07%) globulina (6.75%).

4.1.1. Propiedades de las protefmas.

Si tomamos 28 gr de harina de panificación y la mezclamos con unos 16 ml de agua, se forma la masa. A continuación colocamos la masa en la palma de la mano, la ponemos bajo un grifo que gotee suavemente y al mismo tiempo le trabajamos (amasamos) delicadamente con el dedo índice. El agua se enturbia con el almidón que se pierde de la masa. Si continuamos así durante unos 10 minutos, el agua se va aclarando poco a poco y el residuo que queda es el complejo protéico insoluble en el agua, llamado gluten. A las propiedades de este producto se deben las características clave que confieren al trigo, su posición como primero de la lista en la liga de los cereales.

Si se repite el experimento antes descrito utilizando harina para panificación, el gluten obtenido tiene un carácter completamente distinto al de harina para pastelería. El primero tiene tres características que se pueden demostrar fácilmente.

Primero, se alarga como un tubo de goma al estirarlo entre las dos manos. Si sólo se estira un poco se encoge como una muelle al cesar de estirarlo, pero no alcanza su tamaño original a menos que la deformación sea pequeña. Si el estiramiento se continúa hasta que la pieza se fracture, los extremos rotos tienden a retraerse. Además, durante el proceso de estiramiento, el experimentador es consciente que la masa resiste a la fuerza de cizalla que interviene en el estiramiento.

Así pues, la masa tiene capacidad de flujo viscoso de gran viscosidad combinada con cierto grado de elasticidad. De tales

materiales se dice que tiene propiedades viscoelásticas. La -- tercera propiedad es todavía más extraña. Si la masa se trabaja amasándola con los dedos durante veinte o treinta segundos -- y se estira de nuevo, sus propiedades cambian. Ahora percibimos que la viscosidad habida aumenta.

Si se repite el experimento con harina de pastelería se -- observará que es mucho menos elástica, pero se estira mucho más antes de romperse. La propiedad de poder estirarse como chicle se denomina con frecuencia extensibilidad. Como ya se ha men-- cionado la harina de pastelería tiene solo una capacidad limita da para retener gas. Si se emplea para fabricar pan, la mayor parte del gas producido durante la fermentación se escapa y el resultado es que la pieza tiene aspecto pobretón, es pequeña y raquítica, posee una textura poco atractiva y en la boca de la sensación de pesada y masacote.

Al contrario la harina panificable combina de modo co-- rrecto las propiedades viscosas y elásticas para proporcionar -- una buena retención de gas y como consecuencia resulta un pan -- de aspecto exuberante, buen volumen, textura atractiva y buena sensación bucal. Por otro lado, si la harina de panificación -- se usa para pastelería, la masa es demasiado compacta y las ga lletas se desmoronan al cortarlas y antes de cocerlas. Las ga lletas resultantes son duras, no blandas y crujientes.

Las diferentes características de la harina se correspon-- den con trigos de diversos orígenes. Los tipos de Manitola -- (Canada) se consideran tipos panificables por excelencia, en --

tanto que los tipos ingleses y de Europa occidental son buenos para fabricar galleta.

En la Tabla 6 se muestra la clasificación de las proteínas de la harina, de acuerdo con su solubilidad del modo siguiente; Osborne, 1907.

Tabla 6. Clasificación de las proteínas de la harina, de acuerdo con su solubilidad.

Proteína	Porcentaje (aprox.) de la proteína total	Soluble en
	%	
Albumina	2.5	soluciones salinas diluídas.
Globulina	5.5	soluciones salinas diluídas.
Proteasa	2.5	agua
Gliadina	40-50	alcohol del 70%
Glutelina	40-50	ácidos y álcalis diluídos

4.1.2. Valor biológico de las proteínas.

Las proteínas son moléculas grandes, compuestas de combinaciones de unos 20 aminoácidos. Durante la digestión, se descomponen en sus constituyentes aminoácidos, que son absorbidos y pasan a la corriente sanguínea y se convierten después en las proteínas que el organismo necesita para crecer, mantenerse y restablecerse. El organismo utiliza los aminoácidos y no las proteínas.

El valor biológico de una proteína, que es el porcentaje utilizado por el organismo, depende de su capacidad para proporcionar los aminoácidos esenciales en la proporción en que el cuerpo los necesita. Si una proteína es ingerida tal como es, su valor biológico depende del aminoácido restrictivo, o sea, del aminoácido más insuficiente con respecto a las necesidades y no puede formarse más proteína en el organismo una vez consumido este aminoácido. Si se ingiere una mezcla de proteínas, contenida en un solo alimento o en una combinación de varios, el valor biológico depende del aminoácido restrictivo en el caso de todas las proteínas.

Un método admitido de evaluación del valor biológico consiste en comparar la composición aminoácida de la proteína o proteínas ingeridas con la composición que se considera ideal o casi ideal, para satisfacer las necesidades. El grupo FAO/OMS de Expertos para el Estudio de las Necesidades Proteínicas adoptó como término de comparación la composición de aminoácidos esenciales existente en las proteínas del huevo de gallina.

En la Tabla 7 compilada por la FAO, indica el contenido de aminoácidos en el trigo entero, en la harina de trigo de distintos grados de extracción y en el huevo completo.

Además de los 10 aminoácidos que se consideran esenciales para el crecimiento y sostenimiento, suelen incluirse la cistina y la tirosina, que pueden obtenerse por síntesis a partir de la metionina y la fenilalanina, respectivamente.

Tabla 7. Contenido de aminoácidos en el trigo entero, en la harina de trigo de diferentes grados de extracción y en el huevo completo.

	Trigo entero	Harina de trigo			Huevo completo
		Grado de extracción			
		90-80%	80-70%	70-60%	
..Miligramos por gramo del total de nitrógeno..					
Arginina	288	259	221	193	381
Histidina	143	121	130	121	152
Lisina	174	159	130	113	436
Leucina	417	379	440	400	551
Isoleucina	204	232	228	217	393
Metionina	94	97	91	87	210
Cistina	159	127	159	142	152
Fenilalanina	282	276	304	291	358
Tirosina	187	186	145	132	260
Treonina	183	192	168	153	320
Triptófano	68	68	67	58	93
Valina	276	270	258	240	428

El aminoácido restrictivo en las proteínas de trigo es la lisina, como indican los datos de la Tabla 7. La lisina existe en mayores cantidades en las proteínas de las capas exteriores y del germen que en las del endospermo (salvo su elevada concentración en las proteínas de capa aleurona). Cuando el trigo se reduce a harina blanca, esto es cuando se retira el salvado (grado de extracción de 60 a 70%), las proteínas contienen sola

mente dos tercios de la lisina existente en las proteínas del trigo entero.

A continuación se muestran los valores biológicos de algunos alimentos de importancia para el hombre,

	<u>%</u>
Huevo completo	87-97
Carne(músculo)	73
Trigo entero	67
Trigo (harina de baja extracción)	52
Arroz	75
Maíz	60
Leguminosas	40-60

4.2. Almidón

A simple vista, el almidón de cualquier clase se presenta como un polvo basto y blanco, dependiendo su grado de finura -- del procedimiento de molienda. Al moler la harina se pueden reducir las partículas a casi cualquier tamaño. Las harinas -- especiales destinadas a repostería se muelen hasta un grado mucho más fino que las destinadas a panadería.

Se sabe que las moléculas de almidón que forman los gránulos están formadas por centenares de moléculas de glucosa unidas unas contra otras formando una cadena. Se ha estimado que un 23% del almidón de trigo está compuesto por moléculas cuyas cadenas contienen 200-300 moléculas de glucosa; esta fracción se llama amilosa. El resto de amilopectina, que está compues-

ta por más de mil moléculas de glucosa unidas en forma de cadenas que se ramifican y se vuelven a ramificar formando una estructura arborescente.

Algunos de los gránulos se alteran también en la molturación; esto afecta a la panificación de dos modos. Los gránulos alterados absorben más agua en el amasado que los que no se han alterado; no obstante, la mayoría de esta agua se desprende durante la fermentación. El desprendimiento de agua durante la fermentación por los gránulos deteriorados de almi---dón, es provocado por la acción de la amilasa que produce dextrinas y maltosa, las cuales retienen relativamente poca agua. Por otra parte, los gránulos no alterados no se modifican apreciablemente durante los procesos corrientes de fermentación.

El almidón de trigo como otros almidones se gelifica cuando se calienta con agua. La facilidad con que esto se produce depende del tipo de trigo de donde procede. Por ejemplo, el almidón de Triticum durum se gelifica más fácilmente y también se ataca más fácilmente por la enzima diastasa que el del trigo de Manitoba. El almidón de trigo empieza a gelificarse, ahincharse a una temperatura de 60°C, y a 71°C se puede hacer un buen engrudo de almidón.

Podemos observar que la temperatura de cocción es muy superior, y el almidón de pan no se gelifica completamente durante la cocción, esto sucede por varias razones:

- a) La temperatura interior del pan no llega a 90°C hasta los últimos momentos de la cocción.

- b) La cantidad de agua disponible es solamente limitada, suficientemente para un hinchamiento parcial.
- c) El tiempo es insuficiente.

La gelificación implica un hinchamiento de los gránulos de almidón y es el resultado de un aumento de la temperatura en presencia de agua. El proceso es incompleto durante la cocción porque hay muy poca agua para la cantidad de almidón presente (para la gelificación completa de un peso dado de almidón se necesitan varias veces su peso de agua).

Hasta ahora, se había considerado al pan terminado como una estructura de gluten que contiene el almidón como un relleno más o menos inerte. Las recientes investigaciones han obligado a modificar esta interpretación pues se han encontrado diferencias de tamaño y estructura en panes hechos con almidones procedentes de trigos distintos; para ello se reconstituyó la harina con gluten y demás sustancias, se amasó y fermentó como de costumbre. Las diferencias en los panes dependían únicamente de las diferentes cualidades de los almidones.

Todaya más significativo es el descubrimiento de que el almidón mismo juega un papel importante en la estructura del pan, puesto que se han hecho panes sin gluten para enfermos celíacos y en este pan la pared celular está formada por almidón y caseína.

El almidón parece ser un factor determinante de la blandura de la miga cuanto más sólidamente empaquetados están los gránulos de almidón y mayor es la adhesión entre ellos, mayor-

sería la solidez de la miga.

4.3. Aceites o Grasas

Las grasas o aceites están presentes en la harina generalmente en cantidades no mayores de 1%. En ellas se encuentra la sustancia colorante "caroteno", que da color a la harina. Las harinas poco finas tienen mayor cantidad de aceites que las muy finas. En el germen de trigo hay un 10%. El aceite, una vez extraído de la harina es un líquido plástico, amarillento, inodoro e insípido.

4.4. Azúcares

En la harina hay cierta cantidad de azúcar natural que tiene la composición y propiedades del azúcar de caña. También hay maltosa, juntamente con productos intermedios entre el almidón y el azúcar.

Maltosa: Está presente en la harina hasta un 0.5% y es fermentada por la levadura.

Azúcar de caña; Está en la harina en cantidades de 1.5-2%. Es por tanto el principal azúcar.

El azúcar de caña es el azúcar sobre el que actúa la levadura de la masa. Normalmente, en un saco de harina de 127 kg hay de 2, 1/4 - 2, 3/4 kg de azúcar.

Hay suficiente cantidad de azúcar en la mayoría de las harinas para producir todo el gas necesario para que el pan esponje, cuando se emplean tiempos cortos.

Dextrosa: No está en la harina pero siempre se encuentra en la masa, debido a la inversión del azúcar de caña.

4.5. Sales Minerales o Cenizas

La materia inorgánica natural no está en gran cantidad en la harina. Varía con el grado de finura.

Los datos de la tabla 8, dan una idea aproximada de los porcentajes de cenizas que se encuentran en las harinas de distintos grados.

Tabla 8. Porcentajes de cenizas en harinas de distintos grados.

	% de ceniza
Harina Patent	0.30 - 0.35
Harinas corrientes	0.40 - 0.50
Harinas bajas	0.50 - 0.70
Harina integral	1.35 - 1.60

Tabla 9. Análisis de cenizas.

	%
Potasio (K_2O)	37.04
Magnesio (MgO)	6.12
Calcio (CaO)	5.33
Oxido de hierro y de aluminio (Fe_2O_3, Al_2O_3)	0.36
Fósforo (P_2O_5)	49.11
Azufre (SO_3)	0.40
Cloro	Vestigios

La materia inorgánica de la harina es principalmente fosfato potásico; también hay cantidades más pequeñas de fosfatos -- calcico y magnesico, y vestigios de sulfatos de hierro y aluminio.

Hoy en día es obligatoria la adición de carbonato cálcico a cualquier tipo de harina que no sea integral en proporción de 397 gr. por saco de harina de 127 kgs. Esto eleva la cifra de cenizas en las harinas actuales en un 0,31% en relación con las que figuran en la Tabla 9. La adición de esta materia mineral o cualquier otra que haya podido emplear el fabricante, tal como fosfato ácido de calcio o cloruro sódico, en el caso de harinas de germen, se puede poner de manifiesto agitando la harina con cloroformo o con tetracloruro de carbono, dejando reposar, la harina flota en la superficie y las sales minerales se sedimentan en el fondo, de donde se pueden separar para el análisis.

Las sales minerales de la harina tienen un papel en la fermentación contribuyendo a la alimentación de la levadura, pero también, y más particularmente influyen en la formación del gluten.

4.6. Humedad de la Harina

Los granos de trigo contienen humedad natural. La cantidad depende de la variedad de trigo, y en el caso del inglés, de las condiciones meteorológicas de la recolección.

Para la multuración se acondiciona el trigo, ajustándose

la humedad para poder conseguir la mayor cantidad de harina de buena calidad. Esto, en la mayoría de los casos, supone la elevación del contenido de humedad, y la harina resultante tendrá una humedad del 15%.

La harina es una materia higroscópica, lo cual quiere decir que se influencia por las variaciones de la humedad atmosférica; en condiciones de sequedad, pierde agua y en tiempo húmedo, absorbe. Esto se refleja a su vez, en la conservación, por una parte se produce una pérdida de peso, que puede tener su importancia en el caso de harinas envasadas, y por la otra, puede dar lugar a que se desarrollen hongos.

5. LIMPIEZA DEL TRIGO

El trigo que llega a la fábrica contendrá impurezas que ha podido adquirir en el campo, durante el almacenamiento y transporte, o accidentalmente. Las que se encuentran con más frecuencia son:

- Lodo y polvo
- Semillas de malas hierbas (unas más pequeñas y otras mayores que los granos de trigo).
- Otros granos de cereales (avena, cebada, etc.).
- Paja y palos.
- Cascarilla y desperdicios.
- Piedras
- Restos y esporas de hongos.
- Insectos.
- Pelos y excrementos de roedores.
- Cuerdas y ataduras.
- Fragmentos metálicos.

Antes de moler el trigo hay que eliminar las impurezas que lleva. Algunas semillas no deseables manchan la harina o son venenosas, otras impurezas como lodo alteran el color de la harina y rebajan su calidad. Las piedras y fragmentos metálicos pueden estropear el molino y provocar incendios. Las impurezas que se adhieren al grano (lodo, polvo, pelos) se pueden eliminar por lavado o por corriente de aire seco que arrastre las impurezas y las eche fuera.

5.1. Técnicas de Separación de Partículas Indeseables

5.1.1. Lavado del trigo.

El lavado del trigo consiste en sumergirlo en agua cuando va transportado por un tornillo sinfín a la base de una máquina que gira rápidamente, donde se seca por centrifugación. Durante este proceso se elimina algo de polvo y el grano aumenta un 3% su contenido de humedad.

5.1.2. Calibradores.

Las impurezas de mayor o menor tamaño que contiene el grano de trigo se eliminan por medio de tamices o cribas de metal perforado, en los que el tamaño y forma de las perforaciones se a elegido de acuerdo con el tamaño del grano de trigo. Los agujeros redondos, de un diámetro aproximadamente igual a la longitud del grano de trigo, eliminan las impurezas grandes como los granos de maíz, que resbalan por encima de la criba mientras que el trigo pasa a través de ella. En cambio las pequeñas semillas se pueden separar con cribas provistas de perforaciones alargadas cuya anchura sea menor que la de los granos de trigo.

5.1.3. Clasificación de disco y triarbejones.

Las partículas más largas o más cortas que los granos de trigo pero de diámetro similar se pueden separar por medio de discos dentados y cilindros triarbejones. La superficie de los discos y la superficie interna de los cilindros están provis

tas de depresiones o alvéolos de forma y tamaño cuidadosamente calculados estas entalladuras son lo suficientemente profundas para recibir las impurezas.

5.1.4. Aspiración.

Las partículas compactas esféricas o cúbicas, tienen una velocidad límite superior a la que poseen las partículas coposadas. En la limpieza del trigo, en lugar de dejar caer las partículas en el aire, lo que se hace es emplear una corriente de aire ascendente en la que se introduzca el chorro de grano. La velocidad de esta corriente se puede regular de forma que las partículas de elevada velocidad terminal caigan y las restantes suban.

Utilizando este principio, las pajas, polvos, pequeñas semillas, etc. que tienen menor velocidad terminal que el trigo, pueden separarse de éste con un aspirador, cuya corriente de aire se dirija directamente hacia una delgada cortina de grano que cae.

5.1.5. Separación electrostática.

El material se hace pasar por un campo electrostático creado por un electrodo cargado, cuando varias partículas entran en el campo, adquieren diferentes cargas electrostáticas, dependiendo de la característica de su superficie. Las que adquieren mayor carga son más atraídas o repelidas que las que poseen menor carga, ambas clases de partículas se pueden sepa-

rar unas de otras con ayuda de un separador mecánico.

6. ACONDICIONAMIENTO

En el acondicionamiento del trigo el objetivo más importante consiste en mejorar el estado físico del grano para la molienda y algunas veces en incrementar la calidad panadera de la harina.

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, con objeto de que la humedad deseada esté no sólo uniformemente repartida por toda la masa de grano, sino en cada uno de los granos individuales.

Los objetivos particulares del acondicionamiento con respecto a la molienda son hacer más corréoso 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 corréoso la harina se contamina menos con escamas de salvado y por lo tanto es más blanca y con menos contenido en cenizas.

Contenido óptimo de humedad.- 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 duros que para los blandos.

Los contenidos de humedad considerados como óptimos se dan en la Tabla 10.

Tabla 10. Humedades óptimas en la molienda.

	%
Manitoba	16.5 - 17.5
Rojo duro de invierno	15.5 - 16.5
Plate	15.5 - 16.5
Rojo blando de invierno	15.5 - 16
Inglés	15 - 16
Australiano	15 - 15.5

Además del contenido óptimo de humedad hay otros factores a tener en cuenta en la molienda:

- a) Grado de extracción: Cuando se quiere una elevada extracción de harina blanca (80-85%), la humedad óptima es 1-1.5% más baja que cuando la extracción es del 70%.
- b) Humedad requerida en los productos obtenidos: El contenido de humedad de estos productos es más bajo que el del trigo que entra al molino debido a la evaporación que se efectúa durante la molienda. El grado de evaporación depende de la humedad que contenga el trigo y de las condiciones atmosféricas que existan dentro de la instalación y generalmente a

canza 1-2.5%. El fabricante generalmente deja la harina con un 14-15% de humedad, porque con este contenido se puede -- conservar almacenada durante varios meses.

6.1. Técnicas de acondicionamiento

6.1.1. Mezclado de trigos.

Si se mezclan trigos húmedos con secos, la humedad pasa de los primeros a los segundos. Sin embargo, no se obtiene un -- equilibrio completo hasta pasado cierto tiempo. Es más, el gra diente de humedad de los trigos originalmente húmedos de la mez cla es tal, que las cubiertas de salvado están más secas que el endospermo, lo que es un inconveniente para la molienda. Este método primitivo de acondicionar los trigos se emplea hoy raras veces en la moderna industria.

6.1.2. Acondicionamiento frío.

Cuando el trigo está demasiado seco se puede aumentar su - contenido de humedad añadiéndole la cantidad necesaria de agua - fría y dejándolo en movimiento hasta que la absorba. Si la - adición no pasa del 3% se absorbe en pocos minutos. El proceso de layado ya añade al trigo un 3-3.5% de humedad. Si la adi--- ción requerida es superior al 3% es preferible humedecer al tri go por etapas, o sea, someterlo a frecuentes humedecimientos al ternando con aspiraciones entre ellos. Una vez humedecido se - le deja en reposo de uno a tres días a la temperatura normal pa ra que la humedad, que se encuentra en la superficie de los gra nos, se difunda hacia su interior.

6.1.3. Acondicionamiento templado.

Para evitar esta pérdida de tiempo de uno a tres días (necesario para equilibrar la humedad) que tiene lugar en el acondicionamiento en frío, el trigo humedecido se puede acondicionar en 1-1.5 hora a temperatura de 46°C. Se recomienda sin embargo que el trigo no se muele antes de 24 horas.

En el acondicionamiento templado, el trigo lavado pasa directamente desde la centrífuga a la sección de calentamiento - del acondicionador, donde se eleva su temperatura rápidamente hasta el óptimo deseado por contacto con radiadores de agua caliente. El trigo cae a la sección de acondicionamiento donde permanece aproximadamente una hora, mientras parte de la humedad externa se le fuerza a penetrar en el interior del grano - bien sea por el calor desprendido por unos radiadores (el trigo está en un espacio cerrado) o por una corriente de aire caliente y húmedo que circula a través del trigo en circuito cerrado. Finalmente el trigo pasa a la sección de enfriamiento - donde recibe una corriente de aire frío en circuito abierto.

6.1.4. Acondicionamiento caliente.

Este procedimiento es una modificación del acondicionamiento templado. La temperatura del trigo sube a 60°C o más pero - ésta se mantiene así durante menos tiempo. Esta forma de acondicionamiento se practica menos que la anterior debido al riesgo que existe de anular la calidad panadera del gluten por un - posible sobrecalentamiento.

6.1.5. Acondicionamiento por vapor.

El paso del calor al trigo es mucho más rápido empleando vapor que aire caliente o radiadores, por lo que se puede acortar el tiempo de tratamiento aplicándole directamente el vapor al trigo, con lo que se calienta y se humedece al mismo tiempo.

En comparación con los métodos normales el acondicionamiento por vapor requiere menos energía y parece que el trigo así tratado proporciona mayor rendimiento en salvado y en harina de calidad igual o mejor que la obtenida por otros métodos de acondicionamiento.

7. OBTENCION DE HARINA

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

1. Separar lo más completamente posible el endospermo del salvado y el gérmen, de forma que la harina quede libre de escamas de salvado y de buen color, con lo que mejoran la palatabilidad y digestibilidad del producto, así como su tiempo de almacenamiento.
2. Reducir a harina fina la máxima cantidad posible de endospermo, obteniendo con ello la mayor proporción de harina blanca y al mismo tiempo, asegurar que el deterioro causado a los gránulos de almidón no exceda del óptimo.

Para sacar el endospermo del salvado y el gérmen y reducir a harina se ha adoptado una forma particular de trituración que podemos considerar como una combinación de raspado, tundido y machacado.

Tres son los procesos básicos en la obtención de harina:

- Trituración; Fragmentación del grano de forma que se consiga una disociación de cada una de sus partes anatómicas.
- Tamización; Separación de las partículas en diferentes fracciones según sus tamaños. Este proceso se puede realizar en varias veces separando en un primer tamizado las partículas más gruesas de las que se podrá obtener más harina.
- Purificación; Separación de las partículas procedentes de las cubiertas corticales de las del endospermo, según su veloci-

dad límite de caída, por medio de corrientes de aire.

8. LA MOLIENDA DEL TRIGO

8.1. Terminología.

1. Las roturas o roturación, que es el conjunto de molinos de cilindro rayados. Se identifican en el diagrama por la letra B, por ejemplo B₁ y B₃.

2. La compresión y la reducción son las dos etapas de reducción de los productos provenientes de la roturación. Los compresores se designan mediante el símbolo Cl (Cl₁, Cl₂), y los convertidores se llaman con la letra C. Todos son molinos provistos de cilindros lisos.

3. El cernido es la operación que, luego de cada pasaje a través de un molino de cilindros (rotura, compresor o convertidor), clasifica la mercadería según el tamaño de las distintas partículas. Lo que pasa a través del tamiz se llama por convención la "extracción" o "el pasante". Lo que queda sobre el tamiz "el rechazo". En la molinería se usan por lo general los plansichters (cerneador plano) que son máquinas compuestas por pilas verticales de tamices, que se designan por ejemplo PIB₅, o sea en este caso significa cernidor que tamiza la mercadería de la rotura No. 5 o "quinta rotura". El secado o división es un término del vocabulario molinero que se refiere a una sección especial del cernido, consiste en terminar de separar la harina de un producto que se encuentra mezclado con ella, es decir, un segundo tamizado.

4. El sesaje o purificación es una operación intermedia en

tre la rotura y la primera fase de reducción de los productos de compresión. Su misión es purificar y clasificar los productos que van a la compresión.

5. El cepillado de las cáscaras. Es una operación que -- procura reducir al mínimo la cantidad de harina adherida en la parte interna de las envolturas del grano (el afrecho).

Veamos los distintos productos que se forman durante la molinada:

1. La harina, es el principal producto de la molienda y está constituido por partículas muy finas del corazón del grano, ya que resulta de la reducción de este endospermo. En general, la harina pasa a través de un tamiz 10xx, cuya abertura de malla es de 0.1mm, lo que da idea del tamaño de las partículas.

2. Las sémolas, son fragmentos de endospermo más o menos vestidos de cáscara (o sea que llevan adheridos pedacitos de -- afrecho). Su tamaño es muy variable: hay sémolas gruesas que quedan sobre un tamiz No. 40 (malla de 0.5 mm) y sémolas finas que quedan sobre el No. 60 (malla de 0.3 mm).

3. Las semolinas, son sémolas muy finas y puras, con tamaños situados al rededor de 0.1 mm Proviene de los pasajes de roturación.

Las harinas flor son productos análogos a las semolinas, que provienen de la reducción de las sémolas en la cabeza de la compresión y reducción.

4. Los subproductos, son los productos terminados diferen-

tes de la harina. Se distinguen:

- a) El afrecho, constituido por las envolturas del grano y una cierta parte del endospermo adherida a la cara interna de ellas. Según el tamaño, se diferencia en grueso y fino.
- b) Los remolidos, que están formados por una mezcla de cáscara más o menos finamente cepilladas y harina. Aquí también se encuentran dos tipos de productos:
 - Los remolidos de afrecho que son los más grandes, de color rojizo y que constituyen el rechazo final de la compresión en la Figura 4.
 - Los remolidos blancos que son los más finos y ricos en harina, los residuos que se recogen al final de la reducción.
- c) Las harinas bajas, que son harinas de color pardo, muy picadas, que corresponden a las harinas que se obtienen en pequeñas cantidades hacia el final de la compresión y reducción. Según la extracción de harina deseada, estas harinas pueden ser separadas y embolsadas aparte.

En la Tabla 11 se da una idea simple pero clara de la molienda del trigo.

8.2. Principios de la Molienda

Cada uno de los siguientes pasos están dados en la Figura 4.

- 1) Las roturas y su cernido. Las roturas consisten en general en 4 o 5 pasajes provistos de cilindros rayados, es decir que los cilindros molidores de los molinos están dotados de es---

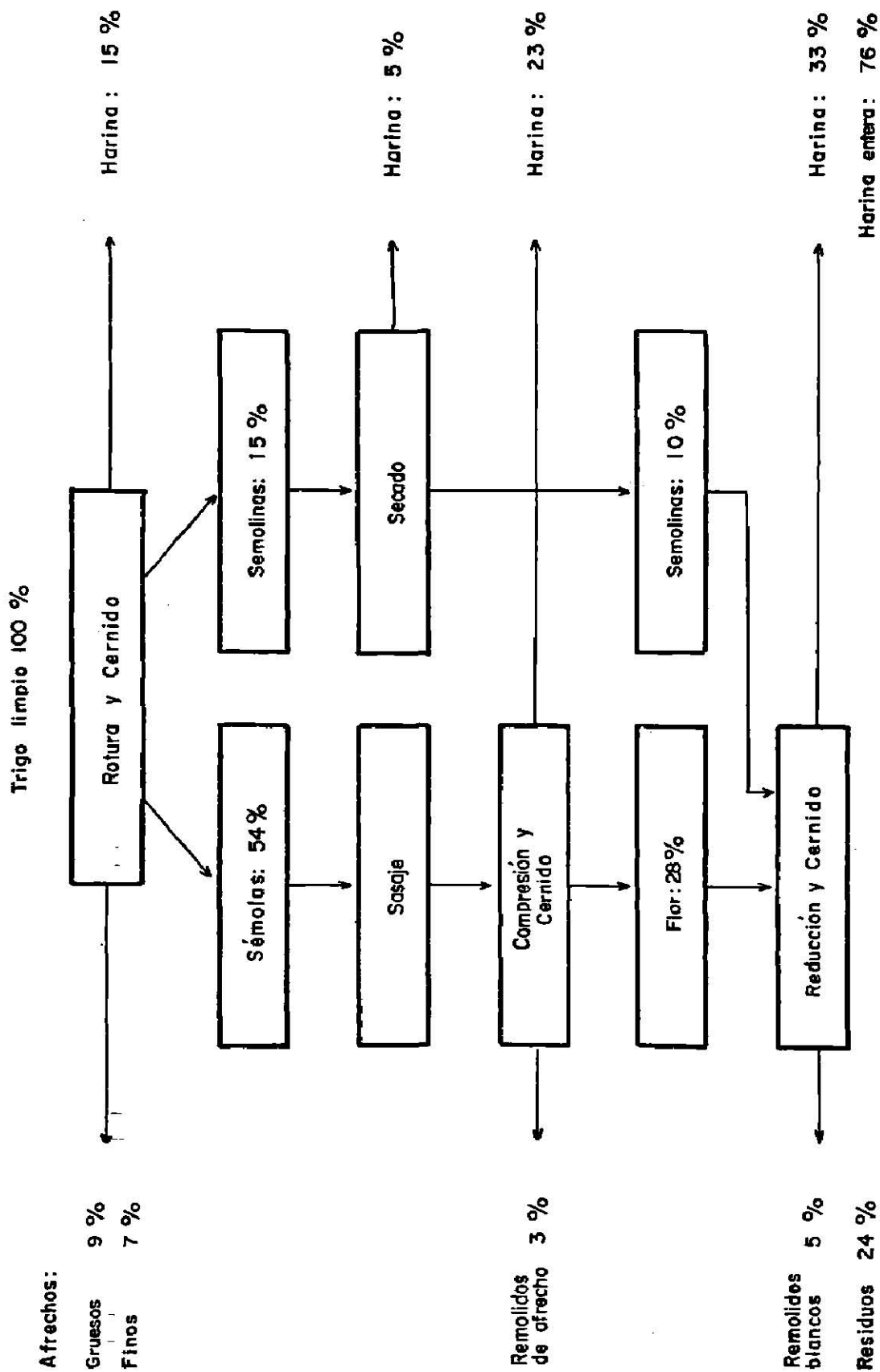


Tabla 11. Esquema cuantitativo de molinenda.

trías más o menos cortantes llamadas el rayado o estriado -- del cilindro. El perfil de estas estriás decrece del B_1 a B_5 .

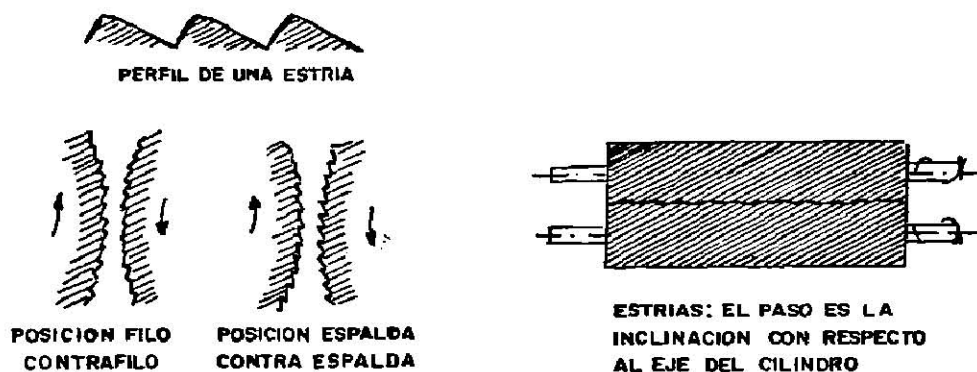


Figura. 3 Cilindros estriados y estriás.

En la primera rotura, o sea la B_1 , el grano se abre por acción de las estriás y del movimiento de los cilindros. Luego se envía toda esta mercadería al plansichter que ejecuta la clasificación por tamaño. Los rechazos del tamiz No. 20 van al B_2 o sea, a la segunda rotura.

Las semolas gruesas que han sido retenidos sobre el tamiz No. 40 y las sémolas medias, retenidas sobre el tamiz No. 60 -- van al sesaje.

Las sémolas finas muy puras, las semolinas que aun tienen harina adherida después del cernido del B_1 , van al secado. Las roturas B_2 y B_3 son similares a la primera trituración B_1 . Las cáscaras continúan raspándose y cada vez se encuentra menos ha-

rina en los "rechazos de cabeza" (tamiz 20 para B₂ y 30 para B₃).

En el B₄, el rechazo que va al B₅ está ya constituido por afrecho prácticamente limpio. Los rechazos de los tamices 80 y de 10xx, que son ricos en residuos finos de cáscaras, se envían a la cola de la compresión y a la mitad de la reducción respectivamente.

En la quinta rotura ya no hay prácticamente más endospermo y en este pasaje se termina de raspar bien el afrecho. Las partículas harinosas que no podrían ser raspadas por los cilindros estriados, lo son por las cepilladoras de afrecho.

Las roturas producen relativamente poca cantidad de harina; prácticamente un promedio del 25% de la harina total. Al rededor del 70% del trigo que se muele se envía desde las roturas a la compresión y a las reducciones en forma de sémolas y semolinas.

- 2) El secado. El secado, es el cernido complementario que tiene como fin eliminar los restos de harina que pueden encontrarse presentes en la sémola y semolinas, luego del cernido de los distintos pasajes de trituración.
- 3) El sesaje. Entre el conjunto de sémolas del mismo tamaño que son clasificadas en el cernido, algunas provienen del interior del endospermo (que son blancas y limpias) y las otras formadas en la periferia del grano, conservan restos de cáscaras. Con el sesaje se busca separar estas diferentes sémolas para que vayan a los molinos siguientes (compresiones ó

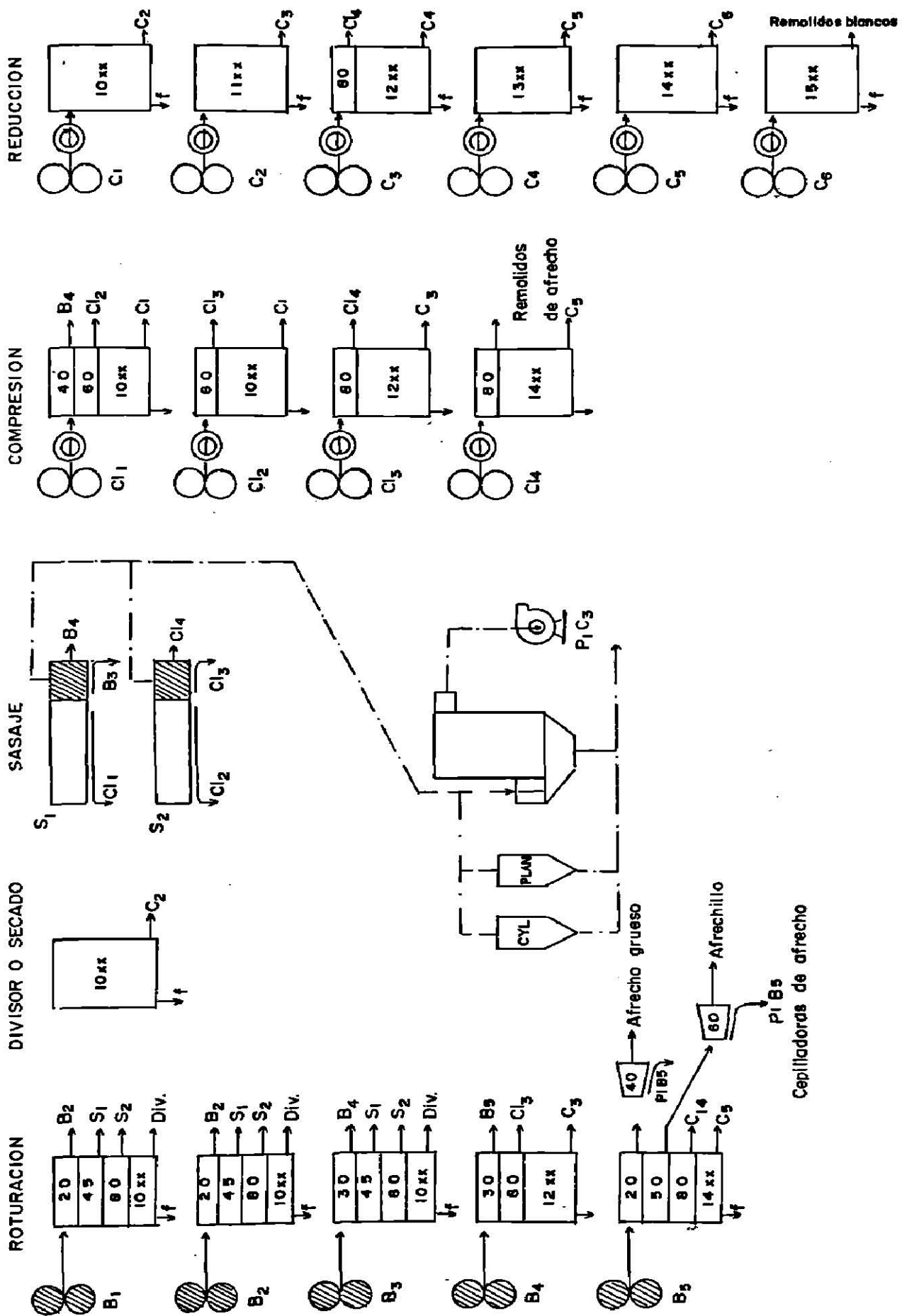


Figura 4. Molienda. Diagrama ejemplificativo.

últimas roturas) formando mercaderías uniformes para evitar en lo posible ensuciar la harina con picaduras.

Estas sémolas limpias y vestidas son del mismo tamaño. El sesaje las va a diferenciar según su peso y forma.

Para ello utiliza el siguiente principio: La mezcla de sémolas se envía hacia un tamiz con movimiento de vaivén, atravesado de abajo hacia arriba por una corriente de aire regulable.

En estas condiciones, la oportunidad que tienen los distintos granos de tomar contacto con el tamiz no es la misma. Las más puras, que son las más pesadas, pasan primero. Las que están medianamente vestidas, menos pesadas y más chatas pasan después. Por fin, las más vestidas que tienen la forma de plaquetas, no llegan a atravesar el tamiz y son rechazadas por éste.

Si tomamos como ejemplo el S_1 del diagrama, las sémolas limpias y muy poco vestidas pasan en los dos primeros tercios del largo del tamiz y van al primer pasaje de compresión.

Las sémolas vestidas son enviadas al B_3 , donde son remolidas y luego retornarán al sesaje. Los productos enviados al B_4 lo componen sémolas muy vestidas.

4) La compresión. La compresión, que recibe las sémolas limpias o muy poco vestidas provenientes del sesaje, tiene por finalidad la producción de somolinas muy limpias que serán reducidas en la reducción. De este modo, la compresión completa

la acción del sesaje en el sentido de la obtención de productos muy puros, que dan por reducción, casi únicamente harina.

Las partículas de cáscaras de las sémolas ligeramente vestidas, son separadas, aplastadas y alargadas por la compresión, reduciéndose paralelamente el tamaño de las sémolas. El tamizado posterior permite la separación de las harinas flor, las mercaderías ricas en cáscara, que se envían nuevamente a las roturas y los productos intermedios (sémolas más pequeñas - todavía vestidas) que se mandan al Cl₂.

La serie de compresores Cl₂, Cl₃, Cl₄ agotan progresivamente estos productos: finalmente se obtiene en el Cl₄ los productos rojizos, aplastados, libres de harina que se llaman remolidos de afrecho.

La compresión se hace mediante cilindros lisos. Esta operación produce alrededor del 30% de la harina total. También la compresión recibe de las roturas mercadería en una proporción de aproximadamente 55% del peso del trigo que llega a la molienda.

Señalaremos para finalizar, que puede recogerse a la salida de los primeros compresores, el germen en forma de placas -- aplastadas. La cantidad de germen que puede ser extraída industrialmente no corresponde sino a una débil proporción de germen total, ya que aun en las mejores instalaciones llega a alrededor del 10%,

5) La reducción. Este grupo de molinos está alimentado en la cabeza por las semolinas y las flor, constituidas por endos

permo en un 95 a 98%. El pasaje de ellas entre los cilindros lisos da una harina más una cola que va a la siguiente reducción.

La cantidad de harina extraída en esta sección es importante, del orden del 40 a 45% de la harina total. —El la última reducción, que es el C₆ de nuestro diagrama, la cola está formada por los remolidos blancos, productos finos, blanquecinos, — muy blandos al tacto, que contienen todavía una fuerte proporción de productos provenientes de la reducción del endospermo — junto con residuos de cáscara y germen.

Los medios técnicos de que dispone hasta hoy la molinería no permiten una depuración más completa de estos productos, que se consideran por tal motivo ya productos terminados.

Balance de molienda

Harina-----	75%
Cáscara-----	16%
Remolidos-----	8%

- 6) Aspiración. La misión de la aspiración es múltiple, ante todo tiene por objeto tratar de llevar el equilibrio entre la atmósfera (temperatura y estado psicrometrico) que reina en el interior de las máquinas y cañerías y las condiciones ambientales en el interior del edificio mismo, con el objeto esencial de enfriar y sanear la atmósfera interna y facilitar así el trabajo de las instalaciones.

Derivan de la aspiración otras dos consecuencias:

- La separación de los productos muy livianos, como son las finas películas de cáscara o las "placas" de harina.
- La disminución de la humedad de los productos durante el proceso, cuyo efecto constituye la parte más grande de las "pérdidas de molienda".

Los productos arrastrados por la aspiración se separan mediante un filtro y una vez recuperados se introducen en el circuito en el punto más apropiado del diagrama.

9. ANALISIS DE HARINAS

En esta parte se explicará como se miden ciertos factores -- mediante las actuales pruebas físicas y químicas establecidas -- por la Asociación Americana de Químicos en Cereales.

9.1. Muestreo de la Harina

Para ser válido, todo análisis debe mostrar la composición o propiedades promedio de un embarque completo de harina, no -- simplemente los resultados obtenidos a partir de uno o dos sacos o una o dos ubicaciones en el embarque a granel.

Debido a que siempre habrá variaciones dentro de recipientes individuales, podría ser engañoso e injusto tanto para el panadero como molinero tomar una sola muestra. Por el contrario, no es necesario muestrear cada saco ya que toma tiempo y resulta costoso. Para asegurar la uniformidad durante el muestreo, la Asociación Americana de Químicos en Cereales (AACC) ha adoptado los siguientes métodos estándar de muestreo de harina de trigo en sacos. (Se describirá este procedimiento en los pasos sucesivos de A, a F.).

A) El número de muestras a tomarse debe ser igual a la raíz cuadrada del número total de bultos en el embarque. En ningún caso deberá ser el número de muestras menor a diez.

Determinar la raíz cuadrada de un número no es proceso difícil y se puede lograr en forma manual, consultando una tabla de raíces cuadradas o empleando casi cualquier calculadora de --

mano. Como un ejemplo, permítanos suponer que el embarque consiste de 1024 sacos de harina. Utilizando la Regla A en relación a las raíces cuadradas, muestrearemos 32 de los sacos al azar. Si el número total de sacos es menor a 100, de nuevo utilizando la Regla A, deberemos muestrear 10 sacos.

B) Seccione los sacos a muestrearse de acuerdo a su localización en la razón de 4 sacos a partir del más expuesto, tres del siguiente más expuesto, dos del siguiente, y un saco de la ubicación menos expuesta.

Este método asegura que se obtendrá un razonable promedio del contenido de humedad. Si los sacos están apliados en un cuarto seco, se evaporará más rápidamente la humedad de los más expuestos, que de los del centro donde es menor la circulación del aire.

C) A partir de todo saco a muestrearse tome una porción de muestra de harina desde una esquina en diagonal al centro del saco. Para este retiro utilice un calador con una punta afilada y pulida de 1.25 cm de diámetro con una hendidura de un tercio de la circunferencia del calador.

Al usar el calador (nombre a veces en inglés "ladrón") se asegura tomar un poco de harina a varias profundidades. Esto brinda una muestra promedio de un saco si se empuja en diagonal hacia el centro, como recomendado.

D) Tome una segunda porción de harina del mismo saco, corriendo el calador desde la esquina superior hasta el punto medio de la distancia al centro del saco.

E) Deposite las dos porciones de harina dentro de un recipiente limpio, seco y hermético, (Este recipiente debe abrirse - varios minutos antes de haber comenzado el análisis).

Recuerde, debe tenerse cuidado en evitar que el contenido de humedad aumente o disminuya en la muestra después de haberla tomado del embarque. Después de haberla tomado de porciones - de harina, debe sellarse inmediatamente el recipiente. El - contenido de humedad entra o sale rápidamente de materiales - porosos tal como la harina al exponerse al aire.

F) Antes de abrir el recipiente para el análisis, invierta alternadamente y ruede cada recipiente 25 veces o más para asegurar una mezcla uniforme. Evite temperaturas y humedades - excesivas al abrir el recipiente y manténgalo cerrado todo - el demás tiempo.

Cada recipiente representa el grado promedio de harina en un saco. Si se requiere una muestra promedio de todo el embarque, se puede vaciar la mitad del contenido de cada recipiente - dentro de otro recipiente hermético y más grande, para que se - mezclen juntas todas las muestras. Esta mezcla de harina se - vierte sobre una hoja de papel formando un montículo de harina - que se divide en cuatro partes. De nuevo se mezclan las mues- - tras tomadas de dos cuadrantes opuestos y se toma la muestra -

para el análisis a partir de esta mezcla final. Este procedimiento debe realizarse rápidamente y preferentemente cuando la harina se encuentre cubierta, ya que cambia rápidamente el contenido de humedad cuando se expone la muestra al aire.

Para evitar errores debidos a la exposición de la muestra, se vierten las mezclas de todos los recipientes de muestra en una lata grande y se agita. Se toma entonces una muestra de un promedio aproximado del embarque a partir de la lata grande con ayuda del calador que se inserta en los cuatro puntos del cuadrante de la lata. Este método de muestreo de harina puede usarse para sistemas de harina a granel, tanto como para sistemas de sacos de 100 libras de peso. Las muestras se obtendrían del trailer o carro de ferrocarril antes de descargarse el embarque en los sitios de almacenamiento. El trailer o carro de ferrocarril tienen compuertas de escape de aire localizadas en la parte del trailer o carro.

Usando el calador pueden tomarse muestras a diferentes niveles para obtener la muestra promedio apropiada.

El número de muestras se calcularía de nuevo en la forma descrita por la regla A, con la excepción de que ahora se usarían libras o kilogramos en vez del número total de sacos.

9.2. Tipos de Análisis

Los análisis de harina se dividen en dos grupos generales-
(1) Análisis físicos de la panadería, que forman parte normal-

de la rutina de la planta. (2) Análisis químicos de laboratorio realizados por químicos entrenados. El primer grupo es el de interés inmediato el estudiante, ya que empleará tales pruebas en su trabajo diario. El segundo grupo se practica rara vez -- por el técnico en panificación, para él debe poseer algún conocimiento de los principios involucrados para poder comprender los informes suministrados por el químico.

9.3. Determinación de humedad

Existen varios métodos de la AACC para determinar el contenido de humedad en las harinas de trigo.

1. Método aire-horno
2. Método al vacío
3. Método de la placa de aluminio

La selección de un método en particular depende de la exactitud deseada o de otras condiciones al efectuar las pruebas. El método aire-horno es el procedimiento más simple y el análisis de rutina común es una panadería. La determinación del contenido de humedad aire-horno de la AACC se lleva a cabo como -- sigue:

- (A) Coloque dos gramos de la muestra de harina bien mezclada -- dentro de un plato de metal cubierto y hermético, (aproximadamente de 5 cm de diámetro), habiéndose secado al vacío -- previamente el plato a una temperatura de 130°C, enfriado -- en un desecador y pesado con exactitud.
- (B) Remueva la tapa del plato; póngalo a secar, cúbralo y man--

tenga el contenido a 130°C durante exactamente una hora.

- (C) Después del secado, apriete la tapa al plato, saque de la estufa y enfríe en el desecador, pesando pronto después de haberse alcanzado la temperatura ambiente. La harina seca que permanece se identifica como sólidos totales, mientras que la pérdida en peso se registra como contenido de humedad. Para calcular el porcentaje de contenido de humedad, se emplea la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Pérdida en peso} \times 100}{2}$$

9.4. Determinación de cenizas

Cenizas es el material mineral sólido incombustible contenido en la harina. Los principales métodos de análisis de su presencia consisten en quemar la harina bajo condiciones estándar hasta que solamente queden cenizas, pesar las cenizas y convertir el peso a términos porcentuales. Debe tenerse cuidado de no tener temperaturas tan altas que lleguen a fundir las cenizas, y de no perder ninguna de aquellas cenizas ligeras y volátiles después de la calcinación. El método de determinación de cenizas es como sigue:

- (A) Caliente un crisol poco profundo de diámetro relativamente grande hasta que tome un color rojo opaco (a punto de ignición), luego enfríe hasta temperatura ambiente en un desecador y pese cuidadosamente.

(B) Pese rápidamente, pero con exactitud de tres a cinco gramos de la muestra bien mezclada de harina de este crisol. Coloque dentro de la mufla a una temperatura no mayor de 425°C e incremente en forma gradual la temperatura hasta 550°C en el caso de harinas de trigo duro. Incinere hasta un peso constante que por lo común es una ceniza ligeramente gris.

(C) Cuando reducida la muestra a cenizas, enfríe en un desecador y pese rápido después de que se haya alcanzado la temperatura ambiente. Calcule el peso de las cenizas restando el peso del crisol del peso final. Expresar las cenizas en términos de un porcentaje, dividiendo el peso de las cenizas entre el peso original de harina y multiplicando por 100.

Algunas harinas no se reducirán fácilmente a cenizas blancas o grises; debe usarse por consiguiente un proceso más complicado conocido como el "Método Glicerol-Alcohol". Recuerde que no debe permanecer ninguna partícula negra después de la calcinación, ya que estas partículas son carbono sin quemar, que debe reducirse más aún antes de tomarse el peso de las cenizas. Este método puede tomar varias horas antes de completarse. Si es indispensable la rapidez, con el "Método Magnesio Acetato" se logrará la formación de cenizas en un lapso de treinta a cuarenta y cinco minutos. Su principal diferencia reside en que se añade una pequeña cantidad de acetato alcohólico de magnesio a la harina antes de la calcinación.

9.5. Determinación de Proteína total Cruda

Este es un análisis simple para determinar el contenido relativo de gluten y es mucho más fácil y más rápido que el análisis químico directo del gluten. Ya que este es un procedimiento para el químico y muy rara vez se efectúa en la planta, descubriremos el método en forma general para que el estudiante pueda entender los que este análisis realmente indica y cómo se interpretan sus resultados. El método de la AACC de Determinación de la Proteína Total Cruda es como sigue:

- (A) Coloque un gramo de la muestra bien mezclada de harina en un matraz Kjeldahl y añada aproximadamente diez gramos de sulfato de potasio y 0.5 gramos de óxido de mercurio (o su equivalente en mercurio metálico). Introduzca 25 cc de H_2SO_4 concentrado y mezcle bien. Digiera esta mezcla mediante calor hasta que su contenido sea incoloro o de color paja pálido.
- (B) Enfríe y diluya con 200 cc de agua destilada. Añada lentamente 50 cc de una solución al 30% de hidróxido de sodio que contenga sulfuro de sodio. Añada alrededor de cinco gramos de trillas de zinc para evitar el golpeteo durante la destilación. Ensamble el matraz Kjeldahl para la destilación.
- (C) Destile dentro de una cantidad conocida de una solución 0.1N de ácido sulfúrico que contenga rojo de metilo como indicador.

- (D). Después de haber destilado 150 cc titule la solución estándar de ácido sulfúrico hasta la neutralidad con una solución 0.1 N de hidróxido de sodio.
- (E) El número de cc de solución estándar de ácido sulfúrico consumidos es la medida de la cantidad de nitrógeno en la muestra de harina. El porcentaje de nitrógeno puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{cc de H}_2\text{SO}_4 \text{ 0.1N consumidos}) \times 0.0014 \times 100}{\text{Peso de la muestra de harina}}$$

- (F) Cuando se da el contenido de nitrógeno de una muestra de harina mediante un análisis, habiéndose determinado por el método anterior o algún otro, podremos obtener entonces el contenido equivalente de proteína cruda como sigue:

Multiplicando el % de N por el factor 5.7, se obtendrá el porcentaje de proteína cruda en la muestra.

9.6. Prueba de Lavado del Gluten Crudo

A pesar de existir varios métodos para determinar el contenido de gluten de una muestra de harina, el método más simple y más comúnmente utilizado en la planta es la Prueba de Lavado del Gluten. Mediante este procedimiento se lava directamente el gluten de la harina, se seca y pesa. La prueba de la AACC para el lavado del gluten crudo es como sigue:

- (A) Pese 25 gramos de la muestra de harina en un vaso y añada el equivalente al valor de la absorción de agua de la mues-

tra con agua de la llave.

- (B) Forme una masa con ayuda de la espátula, procurando que no se adhiera material a las paredes del vaso. Permita a la masa permanecer sumergida en agua a temperatura ambiente durante una hora.
- (C) Amase cuidadosamente la masa bajo el chorro de agua de la llave hasta haberse eliminado todo el almidón y la materia soluble. (Alrededor de 12 minutos). Mantenga una malla fina de acero o una tela de cedazo bajo la masa durante su lavado. Para determinar si el gluten está libre de almidón, deje caer una o dos gotas del agua de lavado dentro de un vaso con agua clara. Si todavía hay almidón presente, el agua se pondrá -- turbia.
- (D) Permita al gluten quedar sumergido en agua durante una hora. Luego presiónelo con la mano para secarlo lo más posible. Forme una pelota, colóquela en un plato de fondo plano y pese como gluten mojado. Debe deducirse el peso del plato del peso total para obtenerse el peso del gluten mojado.
- (E) Transfiera a una estufa y seque hasta peso constante a 100°C. Esto requerirá más 24 horas. Pese de nuevo y calcule el peso de gluten seco.

Se debe tener precaución en no perder ninguna partícula de gluten durante el lavado y en remover todo el material almidonoso. Un técnico experimentado podrá reconocer la calidad de un -- gluten por la sensación al tacto, color y el comportamiento general al trabajarse el gluten. El porcentaje de gluten de la hari-

na entera se obtiene al dividir el peso del gluten seco entre los 25 gramos de la muestra y multiplicando por 100.

9.7. Análisis de Almidón

Al analizar la presencia de almidón, la prueba de hidrólisis ácida directa es probablemente la más común y más importante. Al añadir ácido clorhídrico a una muestra se reduce el almidón a dextrosa y después de determinar la cantidad de dextrosa así formada es fácil estimar la cantidad total de almidón en la muestra de harina. Mediante el "Método Almidón-Diastasa", también se reduce el almidón de la muestra a dextrosas para su medición, pero en este caso se usa como reactivo una enzima conocida como diastasa, presente en el extracto de malta. En cualquier caso el almidón se calcula a partir de la dextrosa. El análisis de almidón es como sigue:

- (A) Pese de 2.5 a 3 gramos de la muestra seca y agítese durante una hora en un vaso de precipitados que contenga 50 cc de agua fría.
- (B) Transfiera a un litro y lave con 250 cc de agua fría. Caliente el residuo insoluble durante 2.5 horas junto con 200 cc de agua y 20 cc de ácido clorhídrico diluido (gravedad específica 1.125) en un matraz provisto con un condensador de reflujo.
- (C) Enfríe y casi neutralice con hidróxido de sodio; complete el volumen a 250 cc filtre y determine la dextrosa.
- (D) El peso de la dextrosa obtenido en el procedimiento multi--

plicado por 0.90 da el peso del almidón.

Determinar la dextrosa es una tarea bastante complicada y es un procedimiento para un químico entrenado. Por lo general, consiste en precipitar cobre mediante la muestra de dextrosa, calculando luego la cantidad de dextrosa a partir de la cantidad de cobre precipitada.

9.8. Prueba de Absorción

Otra prueba simple y práctica para el panadero es la "Prueba de absorción" que se usa para medir la capacidad de absorción de agua de la harina. Esta es una prueba física que indica el porcentaje de agua en la masa. O dicho de otra manera, expresa el número de centímetros cúbicos de agua adicionados a 100 gramos de harina para producir una masa de consistencia o firmeza estándar. La prueba de absorción es como sigue:

Pese 50 gramos de harina y coloque en un vaso, añada 28 cc de agua al vaso y mezcle. La masa estará bastante firme, de manera que adicione 0.5 cc más de agua a intervalos. Asegúrese de que no se pierda agua ni harina y que no se adhiera agua o harina a las paredes del vaso.

Permita a la masa permanecer en el vaso durante diez minutos. Luego amase durante un minuto hasta formar una pelota redonda invierta el vaso y coloque la pelota de masa sobre su centro. Si la firmeza de la masa es la correcta, se extenderá lentamente la masa. Si la masa está demasiado dura, retendrá su forma de pelota, si está demasiado suave fluirá. Nota: El va--

lor de absorción es igual al número de centímetros cúbicos de agua multiplicado por dos.

Debido a que los valores de absorción se expresan a menudo en porcientos, el valor de la absorción es el peso del agua en kilogramos que debe mezclarse con 100 kilogramos de harina para formar una masa de la misma consistencia, es decir, si añade usted 29 cc de agua a 50 gramos de harina:

$$\text{Valor de absorción } 29 \times 2 = 58\% \text{ ó } 0.58$$

9.9, Análisis del Color de la Harina

La séptima edición de los Métodos de Laboratorio para Cereales. Publicada por la AACC, describe los siguientes métodos para la determinación de los pigmentos de los colores de la harina. Un método colorimétrico mide la cantidad de caroteno extraído de la harina con los solventes apropiados, pero ésta es estrictamente una técnica de laboratorio. Un método adecuado para su uso en laboratorio y la panadería utiliza un agtron, un instrumento bastante caro para la medición del color de la harina generado por otras fuentes diferentes de los pigmentos carotenoides. El agtron mide la reflectabilidad de la harina al iluminarse con una luz de longitudes de onda seleccionadas. Por supuesto, el método más simple es la prueba pekar del color, fácilmente adaptable a las rutinas de la planta y que puede servir para informar al panadero si la harina que compró se ha blanqueado en forma debida, la prueba AACC Pekar del color es como sigue:

- (A). Coloque 10 o 15 gramos (alrededor de 1/2 onza) de la muestra de harina sobre una placa de vidrio rectangular de alrededor de 13 centímetros de longitud por 7,5 centímetros de ancho. Presione la harina de un lado con ayuda de una espátula o del calador, manteniendo una línea recta.
- (B) Trate la misma cantidad de una harina de patente estándar - que tenga un valor de color de 100% como comparación, en la misma forma de modo que las orillas de las dos harinas - queden adyacentes.
- (C) Mueva con cuidado una de las porciones para que haga contacto con la otra; aplane ambas con un solo movimiento de forma que disminuya el espesor de la placa desde alrededor de 0.5 cm en el centro de la placa a una capa delgada en el extremo. Debe poderse distinguir la línea de demarcación - entre las dos harinas.
- (D) Corte los extremos de la capa con la espátula para formar - un rectángulo.
- (E) Sumerja la placa con la harina en agua durante un minuto.
- (F) Coloque las muestras en una estufa de secado a alrededor - de 100°C más o menos durante dos horas o hasta que seque - su superficie. Esta prueba permite comparar, con bastante - exactitud los colores de dos harinas. Los resultados se - dan en porciento, tomando a la harina estándar como el 100%.

9.10 Análisis Químicos Misceláneos

Existen varias otras determinaciones químicas que se efectúan regularmente a las harinas. Estas pruebas deberán estar a cargo de un laboratorio calificado y los siguientes detalles podrían ser importantes para el panadero:

(1) Actividad diastásica o número de maltosa:

Esta prueba revela la capacidad de la harina de producir el azúcar maltosa a partir del almidón y las dextrinas en la harina. Una deficiencia en actividad diastásica podría indicar al molinero o panadero que deberán añadirse a la harina más harina de trigo malteado, más jarabe de malta diastásica o más enzimas amilasas.

(2) Producción de gas en las masas:

En esta prueba se coloca una pequeña masa hecha solamente a partir de harina, levadura y agua en un recipiente hermético que pueda medir la cantidad o la presión de gas producido. Este recipiente se coloca dentro de un baño de temperatura estándar y se toman las lecturas de gas producido a intervalos establecidos. La prueba de una indicación de las propiedades de formación de azúcar de la harina ya que la levadura en la masa solamente puede trabajar sobre los azúcares producidos por las enzimas de la harina. Por consiguiente, una harina con grandes propiedades de formación de azúcar tendrá un poder de producción de gas mayor que una con poca formación de azúcar.

En contraste a la prueba de Número de Maltosa, la produc--

ción de gas refleja la presencia de todos los azúcares fermentables de la harina, los preformados y los que resultan de la actividad amilolítica.

(3) Actividad del ión hidrógeno o pH:

El valor de pH puede obtenerse ya sea de forma electrométrica con un medidor de pH o colorimétricamente mediante el uso de indicadores que se comparan con estándares de valor de pH conocido.

(4) Cuenta bacteriana de la harina:

Esta determinación la llevan a cabo comúnmente los molinos de harina, para asegurar que la harina que venden no está contaminada. El método usado consiste en colocar pequeñas cantidades de un extracto acuoso de harina en un medio adecuado para la alimentación bacteriana, permitiendo que los microorganismos presentes en el extracto crezcan. Luego se cuentan las colonias resultantes de bacterias.

(5) Contenido de vitaminas:

Las harinas adicionadas de nutrimentos se calibran regularmente. Cada vitamina se determina por separado mediante series de métodos biológicos o químicos rígidamente controlados. El contenido de vitaminas no afecta las propiedades de panificación de la harina, pero es importante desde un punto de vista nutricional.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Aykroyd W.R., y J. Doughty. 1970. El trigo en la alimentación humana. Editorial Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.
2. Bennion E.B., 1970. Fabricación de pan. Editorial Acribia. - Zaragoza (España).
3. Calvel R. 1983. La panadería moderna. Editorial Americale.
4. Desrosier N.W. 1973. Elementos de la tecnología de alimentos. Editorial C.E.C.S.A. México.
5. Hawthorn J. 1983. Fundamento de la ciencia de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza (España).
6. Kent N.L., M.A. 1971. Tecnología de los cereales. Editorial Acribia. Zaragoza (España).
7. Manual de gagesa. 1984. Ciencia de la panificación. Manual - inédito, Monterrey, N.L.
8. Matz S.A. 1970. Cereal technology. Editorial The Avi Publishing Co., Inc.

9. . Potter N.N. 1973. La ciencia de los alimentos. Editorial --
Edutex, S.A. México, D.F.
10. Scade J. 1981. Cereales. Editorial Acribía. Zaragoza (Espa-
ña).

