

PROCESO DE FERMENTACION EN LA  
MANUFACTURA DEL PAN

Tesis presentada por el alumno  
FERNANDO BOULLOSA CORTINA

Para su Examen Profesional de  
QUIMICO

FACULTAD DE QUIMICA BERZELIUS  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.  
MEXICO. 1955



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

*En verdad, en verdad os digo: que vosotros me buscáis, no por los milagros que habéis visto, sino porque os he dado de comer con aquellos panes hasta saciaros.*

*Trabajad para tener no tanto el manjar que se consume, sino el que dura hasta la vida eterna, el cual os lo dará el Hijo del Hombre: pues en éste imprimió su sello o imagen el Padre, que es Dios. (Io. 6, 26 y 27).*

A DON LORENZO SERVITJE

*Gerente General de Panificación Bimbo, S. A.  
con gratitud y respeto*

A DON ALFONSO VELASCO

*Gerente de Producción de Panificación Bimbo, S. A.  
cuyas enseñanzas forman  
la base de este trabajo*

*Con todo agradecimiento*

*al Sr. QUÍM. DON LUIS M. VERA*

*y al Sr. ING. QUÍM. GUILLERMO CORTINA ANCIOLA*

*A mis Padres:*

DON FERNANDO BULLOSA CARRASCO  
Y DOÑA GUADALUPE CORTINA DE BULLOSA

*carinosamente*

*A mis hijas:* MARÍA DOLORES

Y MARÍA DEL CARMEN

*A mi querido tío:*

DON MANUEL CORTINA VÉRTIZ

A DOÑA ESTHER DE LA FUENTE VDA. DE VELÁSQUEZ CANSECO

*Respetuosamente*

*A mi querida esposa,*

*cuya dedicación hizo posible este trabajo*

## INDICE DE CAPITULOS

	<i>Pág.</i>
Introducción .....	19
I.—Clases de Fermentación .....	25
II.—Materias Primas en la Elaboración del Pan .....	37
III.—Influencia y Transformación de las Materias Primas en el Proceso de Fermentación y en la Calidad del Pan .....	73
IV.—Condiciones Ideales para el Desarrollo de la Fermenta- ción Alcohólica en el Pan .....	87
V.—Influencia de la Fermentación en la Calidad del Pan .....	93
VI.—Valor Alimenticio del Pan .....	97
Bibliografía .....	101

## INTRODUCCION

**OBJETO DE LA TESIS.**—*Este trabajo tiene por objeto dar una idea general de los principios científicos aplicables a la Industria del Pan. Por ser una materia poco conocida en México este estudio es de un carácter general, no siendo posible presentar un trabajo de investigación sobre un tema particular como sería, por ejemplo, el estudio del sabor del pan, la influencia de la leche sobre la fermentación alcohólica, etc.*

*Aun cuando en México la Industria del Pan se encuentra todavía muy reducida, en los Estados Unidos de América ocupa el primer lugar en paga de obreros, el segundo entre las industrias alimenticias y el séptimo lugar entre todas las industrias. En el mismo país existen varias escuelas que tienen cursos de entrenamiento en las técnicas del pan, como el American Institute of Baking o el Dunwoody Industrial Institute; además, algunas universidades han creado cursos de cuatro años para formar técnicos panaderos, sin contar con que muchos de los técnicos de esta industria son Químicos en Cereales.*

**HISTORIA DEL PAN.**—*El pan es un alimento antiquísimo cuyos orígenes se remontan a la Edad de Piedra en la que se obtenía siguiendo un proceso muy sencillo, ya que se despedazaban entre piedras diferentes clases de granos como el trigo y la cebada, se mojaban después con un poco de agua y por último, se colocaba esta pasta sobre una piedra calentada al sol.*

*En los tiempos primitivos la molienda y la panadería eran oficios gemelos. En Caldea todas las casas tenían un horno para cocer el pan y piedras para moler el grano, pero quienes llevaron el oficio a mayor perfección fueron los antiguos Egipcios, de quienes decía Herodoto que amasaban el pan con los pies y en cambio la arcilla la modelaban con las manos. La práctica repulsiva de amasar el pan con los pies persistió durante mucho tiempo.*

*Los egipcios usaban para su pan trigo y cebada; ellos fueron los que inventaron la harina blanca al separar la cáscara del endosperma del grano, obteniendo así una harina más blanca y más fina; sin embargo, el pan hecho con esta harina estaba reservado a la nobleza. También a los egipcios se debe el descubrimiento de la levadura, el cual seguramente se debió a un accidente, pues al olvidar la masa de un día para otro descubrieron con sorpresa que había aumentado de volumen; al añadir un pedazo de esta masa vieja a la masa nueva se obtenía un pan esponjado, más fácilmente comestible y de mejor sabor; el uso de la masa vieja como agente leudante aun se utiliza en panaderías del interior de la República y se conoce con el nombre de "pie". También los egipcios desarrollaron la pastelería al añadir miel y huevos a la masa.*

*De este pueblo aprendieron los judíos a hacer pan y extendieron esta costumbre; para ellos era un sacrificio el comer pan ázimo o sin levadura, cosa que hacían en la Pascua.*

*En Roma, por el año 170 A.C., ya existían panaderos públicos, aun cuando gran cantidad del pan se seguía haciendo en casa. En Pompeya también había panaderos de oficio ya que se han encontrado hogazas de pan de forma redonda estampadas con el nombre del fabricante, precaución que seguramente tomaba el gobierno para fijar a los panaderos responsabilidades sobre peso y pureza del producto.*

*En el tiempo de la República las panaderías eran controladas por los ediles; el grano se almacenaba en graneros públicos y se distribuía entre los panaderos.*

*El pesado trabajo de darle vuelta a las ruedas para moler el grano era llevado a cabo por los esclavos y una vez que Constantino abolió la esclavitud, eran los criminales los que tenían que efectuar el trabajo, hasta que el hombre supo aprovechar el agua, el viento, y luego la electricidad para relevarlos.*

*El pan ha sido siempre tan importante que se le ha considerado como sinónimo de alimento, ya Juvenal en su sátira famosa decía que los romanos no pedían sino dos cosas: Pan y Circo.*

*En la Edad Media los panaderos se agrupaban formando sociedades como la Cía. de Panaderos Blancos y la Cía. de Panaderos Cafés, fundadas en Londres.*

*En Turquía el oficio de panadero era duro, pues en pleno siglo XVIII cuando el pan tenía un precio exagerado se colgaba a un panadero o a dos, para escarmiento, y cuando algún panadero vendía su pan escaso de peso o adulterado se le suspendía de una oreja a la puerta de su panadería.*

*El trigo vino a América con Hernán Cortés; los nativos aunque no conocían el trigo sí molían el maíz para formar tortillas.*

*Los primeros pobladores de Estados Unidos de América inventaron el pan de caja, pues al carecer las amas de casa de sus utensilios habituales para la elaboración del pan, colocaron la masa en latas vacías, saliendo de ahí el tradicional Pan Americano.*

*En México, por el contrario, como los primeros panaderos fueron franceses, el tipo de pan francés ha sido el predominante.*

ELABORACIÓN DEL PAN.—Los productos de panadería pueden clasificarse en dos grupos principales: en el primer grupo se encuentra lo que se designa con el nombre genérico de Pan, que se caracteriza por usar a la levadura de cerveza, *Sacharomyces cerevisiae* como el agente productor de gas carbónico mediante su acción sobre los azúcares; este gas carbónico es el que hace que la masa esponje o levante y le suministra su característica distintiva al pan al quedar atrapado por las celdillas formadas por el gluten. En el segundo grupo se encuentran los productos denominados como pasteles y que abarcan además de éstos a las galletas, los bisquets, las donas, etc., en este grupo el gas carbónico no es producido por el procedimiento biológico de fermentación, sino por la reacción química entre dos sustancias, cuyas sustancias junto con un inerte como el almidón o harina constituyen lo que se denomina polvo de hornear; generalmente los agentes químicos utilizados son bicarbonato sódico con ácido tartárico o fosfato monocalcico.

El procedimiento de elaboración para uno u otro tipo difiere enormemente siendo más simplificado para el segundo grupo dado que no es más que una reacción química que se efectúa en caliente y por lo tanto el proceso se reduce a los pasos siguientes:

1.—Mezcla de las materias primas para obtener el “batido”.

2.—Colocación de determinada cantidad de batido en moldes o corte de determinada cantidad de batido en cierta forma.

3.—Introducción de las unidades al horno donde se efectúa la cocción.

El procedimiento para el primer grupo es bastante más complicado debido a que el procedimiento biológico de fermentación requiere un cierto tiempo. Hay dos mé-

*todos generales para la producción del pan: el primero es el de la masa directa y el segundo es el método de la esponja.*

*El método de MASA DIRECTA tiene los siguientes pasos:*

*1.—Mezcla de ingredientes para formar la masa.*

*2.—Se permite a la masa fermentar durante un tiempo determinado en unas tinajas especiales que se denominan artesas; durante esta fermentación la masa se levanta y hay necesidad de renovar el oxígeno en el interior de la masa determinado número de veces, operación denominada “ponche”.*

*3.—La masa se divide para formar las unidades.*

*4.—Las unidades individuales de determinado peso se redondean.*

*5.—A continuación se dejan fermentar un tiempo que generalmente es de diez a quince minutos.*

*6.—Se le da al pan su forma y se coloca en el molde.*

*7.—Se deja fermentar la masa en el molde hasta que alcance determinada altura.*

*8.—Se introduce el pan en el horno donde se efectúa la cocción.*

*El procedimiento de ESPONJA es más largo y consta de los pasos siguientes:*

*1.—Se mezcla parte de la harina con agua, levadura, y algunos ingredientes, formando una mezcla que se denomina “esponja”.*

*2.—Se deja fermentar la esponja en una artesa, durante un tiempo de 3-5 horas.*

*3.—Se mezcla la esponja con el resto de la harina y los demás ingredientes, formando lo que se llama “masa”.*

4.—*Se divide la masa y el procedimiento de aquí en adelante es idéntico al de la masa directa.*

*Cada uno de estos métodos tiene sus ventajas, para la masa directa son las siguientes: ahorro en tiempo, en mano de obra, no hay necesidad más que de una sola máquina revolvente, y menor pérdida debida a la fermentación.*

*Las ventajas para el método de la esponja son: mejor sabor, ahorro de levadura, y reducción de las pérdidas debidas a las interrupciones en el proceso debido a la mayor tolerancia de la esponja a una fermentación excesiva.*

*Este último procedimiento es el utilizado en la mayoría de las grandes panaderías por considerar sus ventajas superiores a las obtenidas por el método de la masa directa.*

*Existen otros métodos modernos que pretenden sustituir al de la esponja. Están todos ellos en experimentación y hasta la fecha no se han obtenido resultados concluyentes; el más conocido es el método del fermento líquido, que consiste en mezclar la levadura con agua, azúcar, malta, leche y alimento de levadura en un tanque con agitación continua de 4-6 horas a 100° F. (38° C), después de lo cual se añade este fermento previamente enfriado al resto de los ingredientes: harina, resto de azúcar, cantidad adicional de levadura y grasa, en la mezcladora. Después el proceso sigue el camino tradicional.*

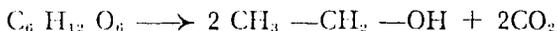
## CAPÍTULO I

### CLASES DE FERMENTACION

Se da el nombre de fermentación al proceso microbiológico que está acompañado de efervescencia y formación de espuma. (Del Latín *fervere*, hervir).

En 1789 Lavoisier demostró que en la fermentación alcohólica el azúcar se descomponía dando alcohol y gas carbónico.

Gay Lussac, en 1810 expresó lo anterior mediante la reacción:



El mismo Gay Lussac demostró que la fermentación era un procedimiento que exigía la presencia de oxígeno al comprobar que el jugo de uvas hervido sólo fermentaba al ser expuesto al aire; al agente desconocido causante de la fermentación se le dió el nombre de fermento.

Berzelius (1839) le asignaba al fermento un papel catalítico o sea que no se alteraba durante el proceso.

Liebig (1839) sostuvo la idea de que el fermento era una sustancia inestable que al descomponerse producía una vibración molecular que comunicada a los otros materiales los hacía fermentar.

Todas estas teorías se basaban en que la levadura era una sustancia química orgánica y sin embargo, desde 1680 el inventor del microscopio, Antonio Liewenhoeck observó células de levadura, aunque no las alcanzó a reconocer como seres vivos.

Schwann en 1839 encontró que la fermentación podía evitarse hirviendo las sustancias y poniéndolas en contacto con aire calentado; observó en el microscopio la gemación de las levaduras y por lo tanto dedujo que ésta, considerada ya como organismo vivo, era la responsable de la fermentación alcohólica y le dió el nombre de “hongo del azúcar”.

Esta teoría encontró una oposición tremenda en Liebig y Berzelius.

Sin embargo, quien dejó los hechos perfectamente aclarados fué Pasteur, quien demostró absolutamente que toda fermentación era producida por un organismo vivo específico y resumió sus conclusiones en la frase “No hay fermentación sin vida”.

De las conclusiones de Pasteur se tuvo que dividir a los fermentos en dos grupos: fermentos organizados, que son los microorganismos, y fermentos no organizados que son sustancias químicas que gradualmente se fueron conociendo y pueden extraerse de plantas y animales y que también son capaces de llevar a cabo fermentaciones.

Sin embargo, la clasificación anterior dejó de usarse cuando Buchner demostró en 1887 que se podía extraer de la levadura un jugo exento de células y capaz de fermentar la glucosa de un modo idéntico a como lo hace la levadura viva y por lo tanto, en el concepto moderno de fermentación se dice que los microorganismos producen cambios químicos por medio de las enzimas segregadas por las células, habiendo la palabra enzima —que significa ‘en la levadura’— sustituido al término “fermento”.

*Fermentación alcohólica.*—La fermentación alcohólica es, sin duda, la que mayor importancia tiene para la industria en general y para la Industria del Pan en parti-

cular. Se efectúa por medio de levaduras y la especie que generalmente se utiliza es *Sacharomyces cerevisiae*, organismo que convierte aproximadamente el 90% del azúcar en cantidades equimoleculares de alcohol y anhídrido carbónico.

La fermentación alcohólica se lleva a cabo tan bien en ausencia de aire como en su presencia, sólo que se ha observado que la velocidad de reacción aumenta con la falta de oxígeno.

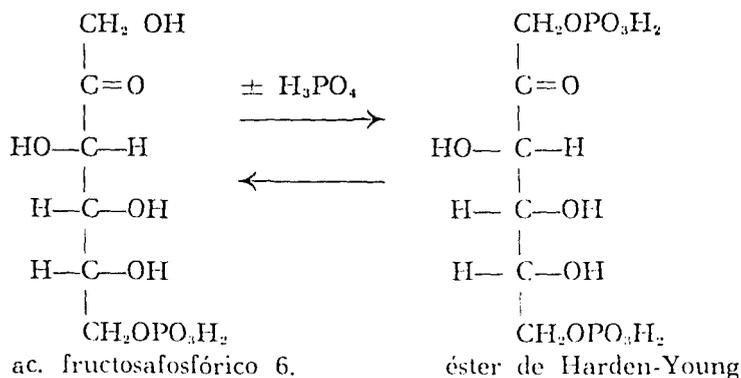
Gay Lussac y Lavoisier creían que todo el azúcar se descomponía en alcohol y bióxido carbónico únicamente, pero Schmidt observó en 1847 la presencia del ácido succínico en los líquidos fermentados; fué Pasteur el que determinó la cantidad de este producto e investigó la presencia constante de la glicerina en los líquidos fermentados.

Posteriormente se verificaron estos conceptos aclarando que las cantidades resultantes de los productos de la fermentación variaban de acuerdo con muchos factores como el estado de la levadura, la naturaleza del medio nutritivo, etc.

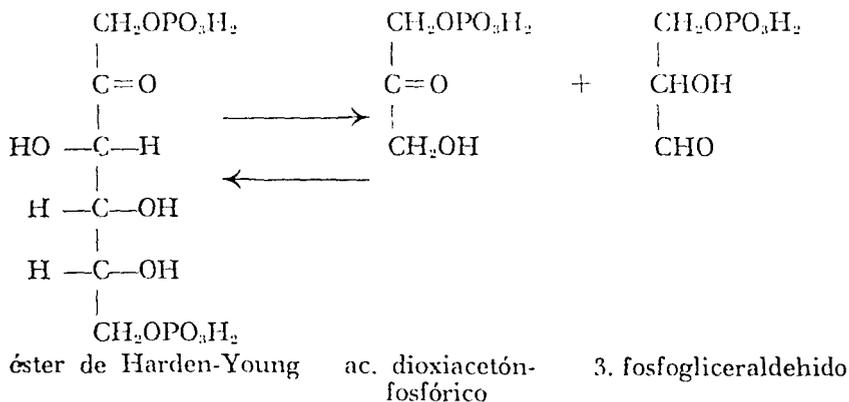
Los pasos intermedios que tienen lugar en la fermentación alcohólica han sido muy discutidos y la teoría más aceptada es la de Meyerhoff (1933).

Está comprobado que el primer paso en la fermentación es la transformación del azúcar simple o monosacárido (glucosa, fructosa, manosa) por medio de una enzima, hexoquinasa —perteneciente al sistema del ácido adenílico—, en el ac. fructosafosfórico 6.

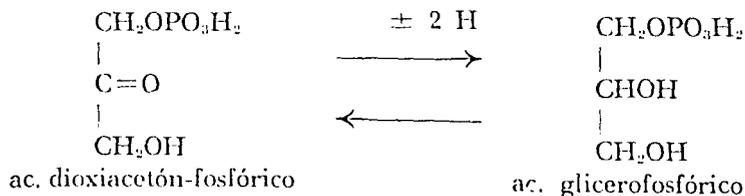
Este compuesto, mediante la acción de otra enzima que es la fosfohexoquinasa, se transforma en ac. fructosa difosfórico 1,6., compuesto conocido como éster de Harden-Young.



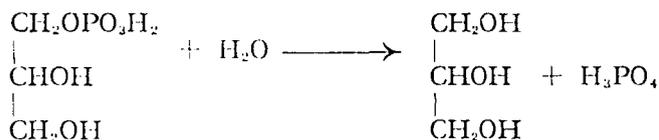
Este éster es en seguida atacado por la enzima aldolasa o zimohexasa para convertirlo en dos triosas: Ac. dioxiacetón-fosfórico y 3. fosfogliceraldehído:



El ac. dioxiacetón-fosfórico sufre una reducción y pasa a ac. glicerosfosfórico.



El ácido  $\alpha$  glicerofosfórico más agua da glicerina y ácido fosfórico.

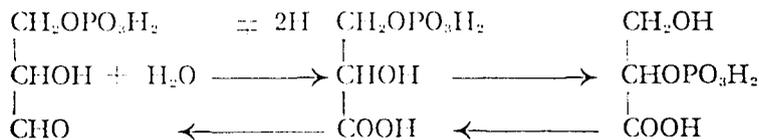


ac. glicerofosfórico

Este ácido fosfórico pasa al sistema del ácido adenílico.

Por este mecanismo se explica la presencia constante de la glicerina en los líquidos fermentados.

Volviendo al 3. fosfogliceraldehído, el otro producto de la transformación del éster de Harden Young, mediante una óxido-reductasa, da la siguiente reacción:

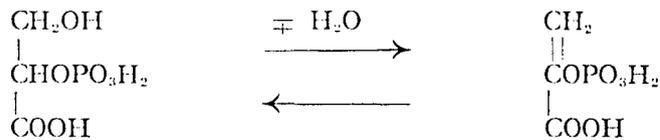


3. fosfogliceraldehído

ac. 3. fosfoglicérico

ac. 2. fosfoglicérico

El ac.2.fosfoglicérico, por la acción de la enolasa se transforma en ac.fosfopirúvico,



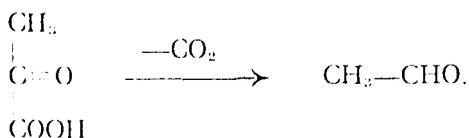
ac. 2. fosfoglicérico

ac. fosfopirúvico

Este ácido cede el grupo fosfórico al sistema del ácido adenílico transformándose en ácido pirúvico:



El ácido pirúvico sufre una descarboxilación bajo la influencia conjunta de la carboxilasa y de la cocarboxilasa produciendo acetaldehído:



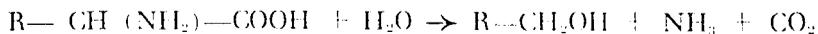
En la última reacción se produce una reducción debido a la acción catalítica de la cozimasa:



*Productos secundarios obtenidos en la fermentación alcohólica.*—Además de la glicerina ya mencionada, durante la fermentación se producen pequeñas cantidades de aceite de fusel y de ácido succínico, y se encuentran trazas de muchos otros compuestos, como el furfural, aldehído pirúvico, metil etil cetona, diacetilo, isobutilenglicol, ácido fórmico, ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico, ésteres de ácidos superiores, formaldehído y acetaldehído.

El aceite de fusel contiene principalmente alcohol isoamílico y alcohol dextroamílico, junto con trazas de alcoholes y aldehídos superiores.

La presencia de los alcoholes amílicos y del ácido succínico se deben, como demostró Erlich, no a la acción de la levadura sobre el azúcar, sino a partir de los aminoácidos resultantes de la hidrólisis de los albuminoides del medio y también de las mismas células de levadura, según la reacción general:



El amoníaco resultante no se encuentra en el medio fermentado debido a que la levadura lo utiliza como fuente de nitrógeno.

Gran parte del aroma del pan es debido a la presencia de muchos de estos productos secundarios.

Debido a la fácil oxidación de algunos de estos productos el pan pierde rápidamente el agradable aroma que tiene al salir del horno.

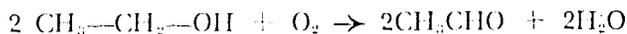
*Fermentación Acética.*—Al poner en contacto con el aire un líquido alcohólico aparece una película en su superficie; al mismo tiempo el líquido empieza a agriarse debido a la descomposición del alcohol en ácido acético. Esta película presenta un aspecto gelatinoso y está formada por una gran cantidad de microorganismos unidos en cadenas. Se le conoce con el nombre de “madre del vinagre”.

Las bacterias formadoras de esta película están comprendidas en el género *Acetobacter*, y necesitan una gran cantidad de oxígeno para desarrollarse, por lo que sólo lo hacen en la superficie de los líquidos alcohólicos.

Pasteur al observar este microorganismo en medios de cultivo sintéticos, demostró que llevaba oxígeno del aire al alcohol, y que cuando ya no había alcohol disponible era capaz de oxidar el ácido acético hasta anhídrido carbónico y agua.

Varios investigadores han confirmado la teoría de Pasteur y han estudiado más a fondo este microorganismo determinando que son varios, como el *B. aceti*, estudiado morfológicamente por Brown y bioquímicamente por Cohn y Hansen, y el *B. xylinus* estudiado por Brown, que es el que se encuentra en las madres del vinagre asociado con una levadura.

La conversión de alcohol en ácido acético se efectúa en pasos, produciéndose primero el acetaldehído y a partir de éste el ácido acético:



Siempre se produce algo de fermentación acética en las masas, constituyendo el ácido acético solamente el 5% de su acidez total. Esta pequeña cantidad tiene un efecto suavizante sobre el gluten y colabora al mejor sabor del pan.

Se puede comprobar fácilmente el efecto suavizante del ácido acético sobre el gluten lavando una pelotita de masa con agua que contenga una pequeña cantidad de vinagre; se nota desde luego que éste tiene un efecto solvente y suavizante sobre el gluten.

La temperatura necesaria para que ocurra este tipo de fermentación es alrededor de 90° F. (32° C), lo que explica porqué las masas muy calientes se vuelven agrias fácilmente.

*Fermentación Butírica.*—Pasteur hizo brillantes investigaciones sobre este tipo de fermentación y creyó que al obtener ácido butírico en queso podrido inoculado con una solución de glucosa actuaba un solo microorganismo que él llamaba *Vibrio butyricus*. Al observar este mismo fenómeno descubrió que el microorganismo se volvía inmóvil en presencia de oxígeno, lo que sirvió para comprobar la existencia de microorganismos anaerobios.

Varios investigadores han continuado estos trabajos descubriendo que son una gran cantidad de microorganismos, de varios aspectos y diversas formas, los que producen el ácido butírico. Dichas bacterias llegan a obtener el ácido butírico normal y el alcohol butílico normal a partir de hidratos de carbono, de alcoholes superiores, de ácido láctico, de glicerina, etc., también algunas de ellas lo pueden obtener a partir de aluminoides.

La fermentación butírica es absolutamente indeseable en la fabricación del pan, ya que el olor característico a manteca rancia, lo estropea como a cualquier otro producto alimenticio.

Un buen control de temperaturas —se requieren 104°F (40°C), para efectuar esta fermentación— es el único método aplicable para impedir la fermentación butírica en la preparación del pan.

*Fermentación láctica.*—Esta fermentación es la que origina el agriamiento de la leche y fué Scheele el primero que verificó en ella la presencia del ácido láctico, que fué de los primeros conocidos.

Existe un gran número de bacterias capaces de producir ácido láctico a partir de diversas fuentes, por ejemplo ciertos esquizomicetos lo obtienen de los hidratos de carbono utilizando como enzima la lactasidasa; a partir de ma'za o del azúcar de caña lo obtiene el B. Delbrücki; la lactosa puede producirlo por medio del B. lactis acidu u otros.

La mejor temperatura para que se efectúe este tipo de fermentación es aproximadamente de 95°F (35°C).

Gran parte del sabor del pan y del desarrollo del gluten durante la fermentación es debido a la presencia del ácido láctico en la masa.

*Ahilamiento o viscosidad.*—Para la Industria del Pan revisten especial importancia la acción de algunas bacterias que son las causantes de alteraciones del pan, como la llamada B. mesentericus vulgatus o B. panificans, que ahora se denomina solamente como Bacillus mesentericus.

Este microorganismo presenta una forma alargada y puede formar esporas muy resistentes a las acciones del medio ambiente, algunas secretan una sustancia gelatinosa para cubrirse con una cápsula.

Aun cuando la temperatura a que se somete el pan para su cocción es suficiente para destruir totalmente a todos los organismos vivos, no lo es para terminar con las esporas, y después de unas doce horas de estar fuera del horno el pan, las esporas, que ya se encuentran en un

medio favorable, vuelven a su estado vegetativo y se reproducen con gran rapidez, produciendo enzimas capaces de romper las moléculas proteicas del pan.

El pan atacado con este microorganismo puede ser reconocido ya que adquiere características especiales, como son un olor desagradable a fruta podrida, aunque a veces este olor se confunde con el del pan que tuvo demasiada fermentación, también al poner el dedo sobre una rebanada se siente que la migaja ha perdido su elasticidad y al separar el dedo se observan los hilos, que son la característica preponderante de este mal. En casos muy graves la corteza toma un color café rojizo y en ocasiones hasta la misma migaja aparece con manchas oscuras.

Estas alteraciones del pan toman incremento en tiempo de verano o cuando hay mucha humedad en el medio ambiente.

Se ha comprobado que todas las harinas están contaminadas con esporas de esta bacteria, por lo que hay que extremar los cuidados para evitar su desarrollo.

Entre las precauciones necesarias para evitar el desarrollo de este bacilo, las más importantes son las siguientes: limpieza, fermentación adecuada, siendo preferible para este fin una fermentación más vigorosa que leve, cocción completa del pan, enfriamiento rápido de la pieza de pan horneada y el uso de algunos ácidos como el acético.

En México, debido tal vez a la poca presión atmosférica rara vez ocurre el ahilamiento en el pan, siendo mucho más frecuente el desarrollo de hongos.

Estos hongos se reproducen por esporas, las cuales se encuentran en el aire y fácilmente infectan al pan que sale del horno; estas esporas, a diferencia de las del ahilamiento, sí mueren en el horno, por lo que el desarrollo del hongo siempre principia en la corteza del pan.

Las condiciones favorables para el desarrollo de este hongo son temperatura y humedad elevadas, por lo que en tiempo de verano es muy abundante esta alteración en el pan.

Hay cuatro clases principales de hongos que se desarrollan en el pan:

1.—*Rhizopus Niger*, que varía en color de verde oscuro a negro; es el único que puede ser dañino al hombre si se toma en cantidades elevadas.

2.—*Penicillium*, varía de color verde a salmón.

3.—*Aspergillus*, de color verde a negro, es el más común.

4.—*Mucor mucedo*, de color blanco.

El hongo puede aparecer en el pan a las 36 horas, pero más generalmente aparece hasta el tercer día.

Las precauciones necesarias para evitar el desarrollo de estos hongos pueden resumirse en las siguientes: limpieza, almacenaje adecuado del papel de envoltura, cocción total del pan y enfriamiento de éste en cámaras de aire lavado. Debe evitarse el regreso del pan viejo, no vendido en los expendios, a la Panadería. Es conveniente usar lámparas de rayos ultravioleta en las máquinas rebadoras.

## CAPÍTULO II

# MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACION DEL PAN

### HARINA DE TRIGO

El cultivo del trigo es uno de los más importantes ya que este cereal en algunas partes de Europa como Italia y Francia suministra la mitad de la ración alimenticia y en los Estados Unidos de América llena la cuarta parte de las necesidades alimenticias del pueblo.

De todos los granos conocidos el trigo es el único que molido da un producto capaz de formar una masa que retendrá el gas producido durante la fermentación y que ya horneada dará un pan poroso. Estas características se las imparten sus proteínas, gliadina y glutenina, las cuales combinadas con el agua producen el gluten que da a la masa la propiedad de retener el gas.

El trigo común pertenece a la especie botánica *Triticum vulgare*, aunque se encuentran excepcionalmente especies de *Triticum durum*, *Triticum compactum* y otras.

El trigo común tiene gran cantidad de variedades con diversas propiedades y aspectos. Se divide principalmente en trigo de invierno y de primavera, se produce en tres colores: blanco, amarillo y rojo; algunos presentan una gran dureza, otros son blandos, el gluten presenta mayor o menor calidad, y todas estas variaciones dependen de diversos factores, como son: el clima, la época de siembra, la riqueza del suelo, etc.

Generalmente los trigos duros proceden de regiones donde el clima es extremoso y hay pocas lluvias; los blandos por el contrario, de climas moderados y lluvias abundantes. Esto explica porqué los mejores trigos para pan, que son los duros, se cosechan principalmente en Argentina, Australia, Rusia, Canadá y Estados Unidos.

La estructura de un grano de trigo se divide en tres partes: la cáscara o salvado, que protege al grano, el germen o embrión que en la germinación se convierte en una nueva planta y el endosperma que forma la reserva alimenticia del grano. En la punta tiene un pequeño manojito de cabellos.

La cáscara consta de cinco capas: las exteriores son: epidermis, epicarpio y endocarpio, y constituyen el pericarpio; las interiores son: testa y aleurona.

Estas partes del grano están en cantidades variables de acuerdo con la clase de que se trate, pero aproximadamente están en la siguiente relación:

epidermis	}	8%
epicarpio		
endocarpio		
testa		
aleurona		7%
germen		2.5%
endosperma		82.5%

La materia colorante que generalmente posee el grano de trigo se ha podido comprobar que es principalmente xantofila con pequeñas cantidades de carotina; se han obtenido varias clases de pigmentos, valiéndose de solventes orgánicos. Este pigmento está contenido casi totalmente en la capa testa.

*Molienda del trigo.*—Las harinas, según el uso que vayan a tener: pan, pasteles, donas, galletas, deben prepararse de diferentes clases de trigo, que se presten con ma-

yor facilidad al fin a que se destinan. Para la fabricación del pan debe usarse trigo duro, para pasteles y pastas, harinas de trigo suave, y para pastas y macarrones, harinas de trigo durum o cristalino.

La molienda del trigo tiene por objeto separar las partes externa e interna entre sí, y éstas a su vez del germen.

El primer paso en la molienda del trigo es separar de éste las partes extrañas como son otros granos, semillas, basuras, etc. Para lograr esto se valen en los molinos de diferentes métodos dependiendo de la naturaleza del objeto que quiera ser separado en cada paso: para separar cualquier objeto de fierro o acero se usa un imán, cernido o aire a presión para quitar partículas adheridas flojamente, lavadores para evitar los carboncillos u otras suciedades adheridas al grano, y diversos tamices para separar piedras pequeñas, semillas de ajo, mostaza, avena, etc.

En seguida viene el proceso de "acondicionamiento" en el cual se somete al grano a una humedad y calor determinados a fin de darle uniformidad en su contenido de humedad y facilitar la tarea de la molienda.

La molienda del trigo empieza propiamente en seguida y se divide en dos procesos principales. En el primero el trigo va a grandes rodillos acanalados que lo quiebran; la harina resultante se separa por cernido y el residuo pasa al segundo juego de rodillos, donde se remueve la mayor cantidad de endosperma posible; el residuo, después de cernida la harina, va a un tercer juego de rodillos acanalados que continúan la operación. En el cuarto juego de rodillos se separa casi completamente el endosperma que quedaba. Puede todavía pasar a otro grupo de rodillos donde se separará completamente de la cáscara.

El producto obtenido de esta serie de rodillos se llama Semolina y se ordena de acuerdo con el tamaño de las partículas; se limpia con corrientes de aire en unas máquinas especiales llamadas "purificadores" y se pasa a un

último molino, los "rodillos de reducción", que es donde se hace propiamente la harina; estos rodillos son generalmente lisos.

El segundo proceso en la molienda del trigo consiste en cernido que se hace de las harinas obtenidas a través de tamices de seda de diversos tamaños y en máquinas centrífugas especiales.

Según la cantidad de endosperma que se separe del grano, será el grado de pureza de la harina. El máximo que puede obtenerse de un trigo de buena calidad es el 72% de su peso en harina, que forma la harina directa; el 28% que sobra como producto de la molienda lo forman el granillo, la semita y el salvado.

Los grados más puros que se obtienen los constituyen las Harinas Flor o de Patente, de las que se han separado las partículas menos finas o "colas".

Existe mucha confusión con respecto a la definición de los diferentes grados de la harina. Así, cuando se habla de una harina de Patente puede referirse a una harina muy fina o a una harina casi directa.

Se han hecho intentos para establecer una clasificación utilizando diversos términos, como Patente corta, Patente larga, Patente media, etc., pero ninguno está claramente definido.

La palabra "extracción" se utiliza para indicar el porcentaje del grano de trigo incluido en la harina de determinado grado. Por ejemplo, la harina de trigo entero tiene una extracción de 100% y la harina directa tiene una extracción de 72%.

En cambio, la palabra "separación" se aplica al porcentaje de un grado determinado de harina con respecto a la harina total o harina directa. Así pues, la harina directa misma tiene una separación de 100%, una harina de Patente muy fina puede tener una separación de 40 a 60%.

una harina de "larga Patente" tendrá una separación de 90-95% y la harina de patente más usual tiene una separación de 60-65%.

"La fuerza" de una harina está dada en parte por su contenido en gluten y como éste se encuentra más bien en las partículas cercanas a la cáscara, entre más fina sea una harina, menor será su fuerza.

Se dice que una harina es fuerte cuando puede producir piezas de gran volumen, con buena calidad interna y dentro de un margen de tolerancia grande; está relacionada la fuerza no sólo con la cantidad de gluten, sino también con su calidad.

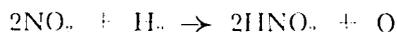
*Blanqueo de la Harina.*—La harina obtenida al moler el trigo por los métodos modernos tiene un color amarillento debido a ciertos pigmentos carotenoides presentes en el endosperma del grano. Estos carotenoides pueden convertirse, mediante oxidación, en compuestos sin color, con lo que se logra el color blanco característico de la harina.

La oxidación necesaria puede llevarse a cabo natural o artificialmente, ya que es posible almacenar la harina durante varios meses de manera que sus partículas entren en contacto con el oxígeno del medio ambiente, o bien, efectuar una serie de reacciones químicas por medio de sustancias oxidantes cuando todavía se encuentra la harina en el molino.

En la actualidad se utilizan cuatro métodos para el blanqueamiento de la harina:

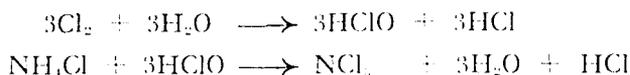
1.—Peróxido de nitrógeno o Método de Alsop.—Es el método para blanquear harina más antiguo, Alsop lo inventó en 1904.

Se produce el peróxido pasando una corriente de aire a través de un arco eléctrico; según Hamill las reacciones de blanqueo son las siguientes:



2.—Método de Agene o del tricoloruro de nitrógeno.— Es un método excelente para el blanqueo de la harina, pues además de sus propiedades oxidantes produce un efecto de añejamiento en la harina y confiere cierta fuerza al gluten.

El tricoloruro de nitrógeno se produce pasando cloro a través de cloruro de amonio.



En estado de pureza el tricoloruro de nitrógeno es un líquido aceitoso con propiedades explosivas, por lo que se le usa en cantidades pequeñas y mezclado con aire húmedo.

En los últimos veinticinco años por este método se blanqueaba en Estados Unidos el 90% de la harina pero en 1948 fué cambiado por el dióxido de cloro, que tiene propiedades blanqueadoras y mejoradoras de la harina muy parecidas.

En México este método es todavía muy usado.

3.—Método del cloro.—Fué usado como blanqueador de harina primero en Estados Unidos, pero donde más se usa en la actualidad es en Inglaterra.

Es un magnífico blanqueador pero su uso requiere muchas precauciones. Las reacciones que se efectúan son:

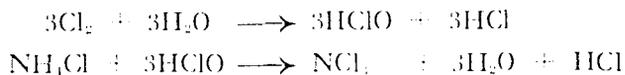


4.—Beta-cloro o Beta-gas.—En este método se usa cloro añadido de un porcentaje pequeño (0.5-5%) de cloruro de nitrosilo.

Se usa más bien en el blanqueo de las harinas de trigo suave o de las de trigo duro que llevarán un largo tiempo de fermentación.

2.—Método de Agene o del tricloruro de nitrógeno.— Es un método excelente para el blanqueo de la harina, pues además de sus propiedades oxidantes produce un efecto de añejamiento en la harina y confiere cierta fuerza al gluten.

El tricloruro de nitrógeno se produce pasando cloro a través de cloruro de amonio.



En estado de pureza el tricloruro de nitrógeno es un líquido aceitoso con propiedades explosivas, por lo que se le usa en cantidades pequeñas y mezclado con aire húmedo.

En los últimos veinticinco años por este método se blanqueaba en Estados Unidos el 90% de la harina pero en 1948 fué cambiado por el dióxido de cloro, que tiene propiedades blanqueadoras y mejoradoras de la harina muy parecidas.

En México este método es todavía muy usado.

3.—Método del cloro.—Fué usado como blanqueador de harina primero en Estados Unidos, pero donde más se usa en la actualidad es en Inglaterra.

Es un magnífico blanqueador pero su uso requiere muchas precauciones. Las reacciones que se efectúan son:



4.—Beta-cloro o Beta-gas.—En este método se usa cloro añadido de un porcentaje pequeño (0.5-5%) de cloruro de nitrosilo.

Se usa más bien en el blanqueo de las harinas de trigo suave o de las de trigo duro que llevarán un largo tiempo de fermentación.

Además de estos blanqueadores está el único que es sólido, el peróxido de benzoilo que fué empleado por Novadelox y que generalmente viene mezclado con un inerte como el fosfato de calcio para disminuir su inflamabilidad.

El blanqueo artificial de la harina no rebaja en nada su calidad. El color de la harina está regulado por tres factores: el grado de granulación, la presencia de pigmentos carotenoides y las partículas de cáscara, pero los agentes blanqueadores sólo tienen efecto sobre los pigmentos y de ninguna manera disminuyen el color de la harina muy gruesa o con partículas de salvado.

*Almacenamiento de la harina.*—Si se intenta hacer pan con una harina que tiene pocos días de molida, la masa se suaviza demasiado y el pan obtenido no es de calidad. Esto parece ser debido a una actividad excesiva de las enzimas proteolíticas, por lo que se hace necesario madurar la harina durante algunas semanas. Al cabo de un mes la harina tiene propiedades excelentes y el pan obtenido es de muy buena calidad.

El almacenaje de la harina debe efectuarse en lugares adecuados, con determinada humedad y temperatura y el apilamiento de los costales debe llenar también determinados requisitos a fin de que el aire circule libremente por ellos.

Parece ser que las características de falta de maduración de la harina recién molida están asociadas con la presencia en las proteínas de la harina de grupos sulfhidrilo. Así, cuando se añaden sustancias que tienen grupos —SH como la glutatona y cisteína a las masas, éstas se aflojan.

Los agentes oxidantes hacen desaparecer los grupos —SH convirtiéndolos en grupos —SS. El almacenaje de la harina a la temperatura ambiente durante seis meses

causa una pérdida en grupos sulfhidrilo del 16%. Aun cuando esta disminución es pequeña, parece que los que desaparecen son los grupos más activos.

El problema de la falta de madurez de la harina se agrava cuando el trigo es a su vez recién cosechado.<sup>1</sup>

*Mezclado de Harinas.*—En ocasiones es útil mezclar dos harinas para la producción de pan, pudiendo la mezcla dar mejores resultados que las dos harinas separadas: en este caso, por el método de la esponja, debe ponerse la harina más fuerte en la esponja.

*Composición química de la harina.*—La composición química de una harina de 73% de extracción, es aproximadamente como sigue:

Proteínas del gluten,	11 %
Almidón,	69 %
Azúcar,	2.5%
Otras proteínas,	1 %
Grasas,	1 %
Salas minerales,	0.5%
Humedad,	15 %
Vitaminas,	

El mayor porcentaje en la constitución del grano de trigo lo forman los carbohidratos, y entre ellos el más abundante es el almidón.

El almidón presente en el trigo tiene, al igual que otros almidones la propiedad de gelatinizarse al calentarlo con agua, dependiendo la facilidad con que lo haga de la clase de trigo de que se trate; generalmente entre los 140 y 158°F (60-70°C) el almidón del trigo puede convertirse en una pasta o engrudo.

---

<sup>1</sup> Ultimamente se ha descubierto que se puede usar la harina, con resultados bastante aceptables, acabando de ser molida ya que entonces, debido quizás al efecto de la molienda, las enzimas proteolíticas pierden parte de su fuerza.

Según esto es necesario explicar porqué en la preparación del pan no se convierte en engrudo el almidón existente en la harina. Hay varias razones para que esto no ocurra: la temperatura interna de la pieza de pan no alcanza a 210°F (100°C) sino hasta los pasos finales de su manufactura; también influyen que el agua y el tiempo son limitados e insuficientes para que esto se efectúe.

Los azúcares se encuentran también entre los constituyentes de la harina, siendo la principal y más abundante en ella la sacarosa que abarca de 0.5 a 1% del peso de harina considerado, siendo que todos los azúcares forman sólo un 2.5% del dicho peso.

Sobre la sacarosa actúa la levadura en la masa ya preparada.

Otros azúcares encontrados en la harina son la maltosa, dextrosa, y en ocasiones la levulosa y la rafinosa.

La presencia de esta pequeña cantidad de azúcares en la harina reviste especial importancia durante los primeros pasos de la fermentación de la masa, ya que son ellas las que mantienen la fermentación de las levaduras mientras las enzimas amilolíticas de la harina inician la producción de la maltosa por la hidrólisis del almidón.

Las proteínas contenidas en el grano de trigo son varias con propiedades diferentes, según la parte de él en que se encuentren.

El endosperma contiene las proteínas constituyentes del gluten, gliadina y glutenina que aproximadamente están en igual proporción. La porción del gluten que es soluble en una solución de alcohol etílico al 50-70% constituye la gliadina; el resto es glutenina, no se disuelve en la mezcla agua-alcohol pero sí lo hace en álcalis o ácidos diluídos.

Las propiedades físicas de la gliadina y glutenina húmedas difieren mucho entre sí y con las del gluten ya formado.

La gliadina forma una masa floja, pegajosa, de una constitución semejante a la de la cola de pegar, es la que imparte a la masa la consistencia pegajosa característica de ella. La glutenina forma con el agua una masa correosa y proporciona a la masa la fuerza y la elasticidad características.

La composición química de la gliadina se caracteriza por su alto contenido en ácido glutámico.

En el germen se encuentran la albúmina, leucosina y la globulina; la leucosina constituye el mayor porcentaje de las proteínas del germen y aproximadamente el 10% de la totalidad de éste.

En la cáscara se encuentran la albúmina, prolamina y globulina en los siguientes porcentajes:

Prolamina	31%
Albúmina	16%
Globulina	13%

Como se dijo antes estas proteínas varían en composición según la zona del grano en que se encuentren, lo que explica claramente la siguiente tabla:

	Carbono %	Hidrógeno %	Nitrógeno %	Azufre %
Prolaminas				
Gliadina	52.72	6.86	17.66	1.02
Prolamina del Salvado	54.25	6.75	15.35	1.35
Albúminas				
Leucosina	53.01	6.83	16.93	1.30
Albúmina del salvado	53.21	6.71	15.42	1.35
Globulinas				
Globulina del salvado	53.43	7.40	17.76	0.91
Globulina del embrión	51.03	6.85	18.39	0.69
Gluteninas				
Glutenina	52.43	6.83	17.49	1.08

También la composición en aminoácidos varía de acuerdo con el lugar del grano en que se encuentren las proteínas:

	Cisti- na. %	Argi- nina %	Histi- dina %	Lisi- na %	Tripto- fano %	Tiro- sina %	N. Bá- sico %
Proteínas del Endosperma							
Gliadina	2.04	2.97	2.19	0.64	1.09	2.65	1.00
Glutenina	0.60	4.72	1.76	1.92	1.72	4.78	2.05
Proteínas del embrión							
Leucosina		5.94	2.83	2.75		3.34	3.50
Globulina							6.83
Proteínas del salvado							
Prolamina	2.29	4.41	0.84	2.45	1.37	1.80	
Globulina	1.52	14.13	2.76	11.84	2.85	2.27	
Albúmina	3.30	10.04	2.57	4.51	4.76	4.52	

A continuación está una tabla que demuestra la diferencia en porcentaje del contenido en aminoácidos y en nitrógeno de una harina de trigo entero y una de Patente:

	Harina de trigo entero	Harina de Paten- te o Flor
Cistina	0.27	0.31
Triptofano	0.09	0.12
Tirosina	0.87	0.48
Arginina	0.51	0.41
Histidina	0.28	0.18
Lisina	1.51	0.99
Nitrógeno total	3.31	3.02

Los lípidos en el grano de trigo representan del 2 al 3% en tanto que en la harina de Patente suman únicamente el 1%.

Estas grasas existentes en el trigo y en la harina presentan las propiedades características de estos compuestos; su tendencia a arranciarse es la razón del esfuerzo que se hace durante la molienda con el fin de separar la mayor parte de ellos de la harina.

Dentro del grano de trigo las grasas están distribuidas aproximadamente en estos porcentajes:

Germen	10%
Cáscara y aleurona	50%
Endosperma	40%

Las grasas concentradas en el germen forman la fracción fosfátida constituida por ácido fosfatídico, lecitina y cefalina.

Después de eliminada la fracción fosfátida del aceite contenido en el germen quedan algunos ácidos grasos, según la siguiente tabla:

Ac.Palmítico	11.76%
Ac.Lignocérico	1.18%
Ac.Esteárico	3.06%
Ac. $\alpha$ Linoléico	1.83%
Ac. $\beta$ Linoléico	1.72%
Ac. $\alpha$ Linólico	22.32%
Ac. $\beta$ Linólico	29.99%
Ac.Oleico	28.14%

Si el almacenamiento de la harina se prolonga demasiado, ésta se descompone debido a la acción hidrolizante de las enzimas, lipasas, sobre los glicéridos de la harina, dando lugar a la formación de ácidos grasos. Esta acción de la lipasa se incrementa con la temperatura elevada y la humedad del ambiente, por lo que las harinas almacenadas en malas condiciones y durante períodos largos, pierden su calidad panificadora, pues forman masas faltas de elasticidad y fácilmente desgarrables; las masas no se pueden trabajar bien por estas razones y la retención del gas es pequeña; también afecta el volumen y el sabor del

pan. Todos estos trastornos pueden atribuirse a cambios de los lípidos de la harina y pueden ser evitados eliminando las grasas y los ácidos grasos de la harina por medio del éter etílico y añadiendo manteca en buen estado en la cantidad necesaria.

Las sales minerales de la harina pueden obtenerse quemando la materia orgánica y analizando las cenizas.

Las cenizas representan del 1% al 2% del grano de trigo, aunque varían mucho dependiendo de la clase de suelo en que éste se haya cultivado.

Las sales minerales se encuentran más concentradas en la cáscara del trigo y disminuye su porcentaje en la parte interior de él.

A continuación está una tabla que representa gráficamente la diferencia en cenizas y sus principales constituyentes en el grano de trigo, en la harina y en el pan:

	Trigo	Harina Flor	Pan
TOTAL DE CENIZAS	1.86%	0.45%	2.77%
Potasio	0.57	0.16	0.2
Fósforo	0.42	0.11	0.14
Azufre	0.19	0.16	0.19
Magnesio	0.17	0.02	0.04
Cloro	0.05	0.5	1.00
Calcio	0.04	0.01	0.08
Sodio	0.009	0.003	0.66

Vitaminas: las vitaminas encontradas en el trigo y los productos de su molienda son las del Complejo "B", la vitamina "E", y en menor cantidad la "A".

Estas vitaminas no están distribuídas uniformemente en el grano de trigo: algunas se encuentran mayormente concentradas en el salvado, en tanto que otras lo están en el endosperma.

Debido a los trabajos de muchos investigadores se ha podido deducir aproximadamente las cantidades existentes de cada vitamina en la harina. La tiamina es la vitamina más abundante, se encuentran 0.48 mgr. de ella por kilogramo de harina de patente y 4.1 mgr. por kilo de harina de trigo entero; se encuentra concentrada en las capas epiteliales del trigo, existe en menor cantidad en la cáscara y el germen y todavía menos en el endosperma.

El contenido de riboflavina en la harina es aproximadamente de 0.4 mgr. por kilo de harina flor y 2.3 mgr. por kilo de harina de trigo entero.

En la cáscara del grano se encuentra también el 50% de la niacina contenida en él.

La piridoxina o vitamina B<sub>6</sub> está distribuida con más uniformidad que las otras en todo el grano de trigo.

*Análisis Comercial de la Harina.*— El análisis práctico o comercial de la harina tiene el objeto de facilitar al fabricante de pan la elección de una harina adecuada a sus necesidades.

El muestreo debe hacerse con cuidado a fin de obtener una muestra representativa, por lo que deberá tomarse de la parte central de varios costales que tengan mayor o menor exposición al aire.

En esta clase de análisis se determinan los siguientes factores de una harina:

*Proteínas:* por el método de Kjeldahl es muy fácil fijar el contenido en proteínas de cualquier harina. Es un dato que reviste especial importancia.<sup>1</sup>

*Humedad:* esta determinación se hace en la harina por cualquiera de los métodos sencillos y conocidos, apropiados para el caso.

---

<sup>1</sup> La cantidad de Nitrógeno debe multiplicarse por el factor 5.7 para obtener el contenido de proteínas. Dicho factor se basa en la consideración de que el porcentaje promedio de nitrógeno en las proteínas del trigo es de 17.5%.

*Cenizas:* Es otro dato que debe tomarse en cuenta para adquirir una harina adecuada para determinado fin; se obtiene por incineración de la muestra.

*Gluten:* se añade determinada cantidad de agua, suficiente para separar las proteínas insolubles o formadoras del gluten y poder calcular su cantidad y calidad.

*Almidón:* se reduce éste a dextrosa por medio de ácido clorhídrico o de diastasa.

*Actividad diastática:* es la que revela el poder de la harina de producir maltosa a partir de las dextrinas o del almidón de la harina; como se sabe, la maltosa es uno de los azúcares, sobre los cuales la levadura actúa más, y una deficiencia de actividad diastática requiere la adición de harina de trigo malteada.

Otras pruebas importantes para esta clase de análisis son: la producción de gas en las masas, recuento de bacterias, contenido de vitaminas, color y absorción.

Existen aparatos que pretenden sustituir a la última y definitiva prueba que es la "Panificación", tales como el expansógrafo, farinógrafo, etc., pero en verdad sólo la panificación puede decidir en última instancia de la calidad de una harina.

## L E C H E

Para la fabricación del pan la leche reviste una especial importancia, pues con su uso se obtienen muchas ventajas tanto en las cualidades de la pieza de pan: color, textura, etc., como en su sabor y valor nutritivo.

Esencialmente la leche se obtiene entera o descremada, y según el caso, condensada, evaporada y en polvo. Para dar una idea de la composición química de cada una de estas leches, están los siguientes cuadros:

## LECHE ENTERA

	Agua	Grasa	Proteína	Lactosa	Mina- rales	Saca- rosa
Líquida	88%	3.5%	3.25%	4.5%	0.75%	
Evaporada	72	8	7.75	10.5	1.75	
Condensada azu- carada	31	8	7.75	10.5	1.75	41
En polvo	1.5	27.5	27	38	6	

## LECHE DESCREMADA

Líquida	91	Trazas	3.5	4.75	0.75	
Evaporada	72	Trazas	11	14.5	2.5	
Condensada azu- carada	29	Trazas	11	14.5	2.5	43
En polvo	2.5	1.5	36.5	51.5	8	

Naturalmente, estos porcentajes pueden variar de acuerdo con la clase de leche de que se trate.

El agua forma la mayor parte de la leche, en la leche entera constituye el 88% de su total, quedando solamente un 12% de sólidos, distribuidos de esta manera:

*Grasas:* la porción grasosa constituye alrededor de la tercera parte de los sólidos totales de la leche.

Si la leche flúida y entera, no homogenizada, se deja en reposo durante un período más o menos largo, se reúne en la superficie la llamada "crema de leche". Esta no se encuentra formada solamente por la grasa, sino también por otras sustancias no grasosas.

La formación de esta capa grasosa o crema en la leche es debida al peso específico de ésta, de 0.92-0.94 que es muy bajo comparado con el de la parte restante de la leche, que es de 1.03.

Si la crema se agita fuertemente a una temperatura determinada, los glóbulos de grasa se agrupan formando glóbulos mayores cada vez hasta que llega un momento en el cual se rompe la emulsión y se separa la llamada mantequilla. Es decir, por medio del batido se cambia del sistema aceite-en-agua formado por la crema, al sistema agua-en-aceite constituido por la mantequilla.

Las grasas de la leche están formadas por triglicéridos de los diversos ácidos grasos, como son: el oleico, esteárico, butírico, caprílico, laurico y cáprico. Además, de estas sustancias grasas forman la crema de la leche otras sustancias, como las vitaminas solubles en aceite, A, D y E, los colorantes que le dan su color amarillento propio, caroteno y xantofila, los fosfolípidos lecitina y cefalina, y el colesterol.

Las proteínas de la leche son la caseína y lactoalbúmina junto con una pequeña cantidad de lactoglobulina y trazas de otras proteínas.

Cerca del 80-85% de las proteínas de la leche está formado por caseína, que representa un 2.7% del total de los constituyentes de la leche. La caseína es una proteína completa, es decir, que contiene los aminoácidos indispensables: histidina, triptofano, lisina, fenilalanina, metionina, treonina, leucina, isoleucina, valina, arginina y ac. aspártico. Contiene además otros aminoácidos como el ac. glutámico, el ac. hidroxiglutámico, prolina, etc. La caseína pertenece al grupo de los fosfoproteidos.

La lactoalbúmina contiene, entre otros, los siguientes aminoácidos: valina, alanina, leucina, fenilalanina, serina, treonina, prolina, ac. glutámico, ac. hidroxiglutámico, triptofano, lisina y otros. Esta proteína constituye alrededor del 0.5% de los componentes totales de la leche.

*Lactosa:* La lactosa es un disacárido formado por los monosacáridos glucosa y galactosa.

Este azúcar es muy digestible y por lo tanto muy deseable en la alimentación. Su solubilidad es menor que la del azúcar de caña: por lo que tiene un efecto menos irritante sobre las paredes estomacales.

La lactosa no es atacada por las levaduras durante la fermentación y su valor nutritivo es aprovechado íntegramente en la pieza de pan ya terminada.

*Sales minerales:* La leche tiene un alto contenido en cenizas, alrededor de 0.75% formadas principalmente por sales de Ca, K y Na, además en menor cantidad se encuentran casi siempre Mg, Fe y P, generalmente en forma de fosfatos y cloruros. El Ca es probablemente la contribución más importante de la leche al valor alimenticio del pan.

*Vitaminas:* Vitamina A, su provitamina, la carotina, tiamina, ac. ascórbico, riboflavina, niacina, ac. pantoténico, piridoxina, Vitaminas E y D.

La riqueza de las vitaminas en la leche es muy variable, dependiendo en gran parte de la alimentación que tengan las vacas.

*Enzimas:* Además de los componentes ya citados, la leche posee ciertas enzimas como la lipasa, amilasa y catalasa, la mayor parte de las cuales se vuelven inactivas por el calentamiento a que se somete la leche para su pulverización o pasteurización.

En la industria moderna, para facilitar su manejo y empleo, la leche se reduce de volumen por eliminación parcial o casi total del agua, que tiene, según lo visto, un porcentaje elevadísimo en su constitución.

En tiempos pasados se creía que solamente la leche fresca y líquida poseía valor alimenticio, pero se ha demostrado que las leches de menor volumen resultan con propiedades nutritivas muy parecidas a las de la leche tal como se obtiene de la vaca.

La leche concentrada es leche fresca y limpia en la cual una parte o casi toda el agua ha sido separada de ella. Según sea la cantidad de agua separada de una leche, ésta puede ser: evaporada o condensada y leche seca o en polvo.

Las leches condensadas se obtienen separando una parte del agua que contienen en equipos que proporcionan un cierto calentamiento a vacío o a presión muy reducida.

La leche hierve normalmente a  $213.3^{\circ}\text{F}$  ( $101^{\circ}\text{C}$ ) a presión atmosférica, pero en estos aparatos sólo alcanza una temperatura de  $120\text{-}140^{\circ}\text{F}$  ( $49\text{-}60^{\circ}\text{C}$ ) a una presión de  $610\text{-}710$  mm. de Hg.

Para obtener la leche en polvo se han ideado gran cantidad de aparatos, pues desde 1898 se pudo obtener en esa forma.

En la actualidad son dos los métodos principales para obtener leche en polvo. En uno de ellos se riega leche previamente evaporada dentro de una cámara de aire calentado a alta presión.

El otro sistema consiste en aplicar una capa uniforme y delgada de leche sobre unos rodillos calentados que giran constantemente; esta capa de leche se seca sobre el rodillo y es desprendida de él por medio de cuchillas fijas prendidas al ras del rodillo. Para la industria del pan se prefiere la leche en polvo obtenida por el primer método, pues resulta de mejor calidad y más fácil rehidratación.

Estas leches concentradas y en polvo pueden ser descremadas con anterioridad, resultando de ello las leches descremadas y semidescremadas.

## AZUCARES:

**MONOSACÁRIDOS.** *IDOS.*—Azúcares simples; los diversos azúcares pertenecientes a este grupo tienen diferentes propiedades físicas.

Los monosacáridos más importantes en la industria del pan son:

*Dextrosa:* Cuando la sacarosa se hierva con la presencia de un ácido diluido, se hidroliza dando azúcar invertida, cuyos constituyentes son la dextrosa o glucosa y la fructosa o levulosa. En la manufactura del pan esta conversión de la sacarosa en azúcar invertida se efectúa por medio de la enzima de la levadura, la invertasa.

La dextrosa es azúcar de maíz, de almidón o de uva.

En comparación con la sacarosa es menos soluble en agua, fermenta poco más aprisa que ella, carameliza a una temperatura de 310 F (154 C) y un pH menor, por lo que contribuye a producir un buen color en la corteza del pan y a mejorar su facilidad de tostarse; no tiene el brillo característico de la sacarosa.

*Levulosa o Fructosa:* se encuentra generalmente mezclada con la dextrosa en mieles, melazas y jugos de frutas. No puede obtenerse en forma cristalizada más que bajo condiciones muy especiales, por lo que generalmente se usa en forma de miel.

Es un azúcar directamente fermentable; fácilmente digerible; se utiliza en la fabricación de panes para enfermos, especialmente diabéticos.

Es el azúcar más dulce que se conoce; en relación con la sacarosa que tiene un índice de dulzura de 100, la levulosa tiene 172.

**DISACÁRIDOS.**—Para la industria del pan, tres son los disacáridos de importancia.

*Sacarosa:* azúcar de caña, de remolacha o de maple. Se encuentra en cantidades pequeñas en casi todas las frutas y vegetales.

No es directamente fermentable, pero la invertasa la descompone en una molécula de dextrosa y otra de levulosa, que se fermentan fácilmente.

La sacarosa se toma como base para medir el índice de dulzura de todos los azúcares dándole el No. 100; carameliza a 325° F (163° C).

Es el azúcar que generalmente se añade al pan, no tanto para obtener de ella CO<sub>2</sub> por acción de las levaduras, cuanto para mejorar el color y la calidad de la pieza de pan.

*Maltosa:* azúcar de malta. La maltosa no se usa como tal en la fabricación del pan, sino solamente como constituyente de la malta.

En la masa la maltosa es atacada primero por la maltasa que la convierte en dextrosa; ésta es atacada por la zimasa para convertirla en alcohol y CO<sub>2</sub>.

Su índice de dulzura es de 65. Es un azúcar muy higroscópica.

*Lactosa.*—Azúcar de leche. Tiene un gran valor alimenticio y ayuda a mejorar el color de la corteza del pan, pero su índice de dulzura es muy bajo y no es fermentable por la levadura.

No se usa en la manufactura del pan especialmente, sólo como elemento de la leche.

Los azúcares empleados en panadería son de varias clases y formas. La cantidad de azúcar varía de acuerdo con la clase de pan de que se trate, pero debe tenerse en cuenta que ésta debe ser suficiente para lograr un desarrollo adecuado de la levadura, para sostener una fermentación razonable, y debe quedar un residuo capaz de proporcionar al pan el grado de dulzura y el color de corteza deseados, pues al caramelizarse el azúcar por las altas temperaturas del horno es ella la que presta el color característico a la corteza.

La siguiente tabla representa el grado de dulzura de diferentes azúcares en comparación con la sacarosa:

Levulosa	172
Azúcar invertido	120
Sacarosa	100
Dextrosa	75
Maltosa	65
Lactosa	15

## GRASAS

Hace algún tiempo se empleaba en la industria del pan únicamente la manteca de cerdo, debido a su sabor característico y sobre todo a su consistencia propia que la hace fácil de manejar. Sin embargo, esta clase de grasa tiene la desventaja de su precio demasiado elevado y de su falta de regularidad, pues la clase de manteca que se obtiene depende de varias condiciones, como son la edad del cerdo, el alimento que éste haya tomado, etc.

Con el tiempo se descubrió que pasando una corriente de hidrógeno a través de aceites vegetales, en presencia de un catalizador como Pt o Ni, éstos convertíanse poco a poco en grasas sólidas.

Este cambio se explica porque la oleína, la linoleína y otros glicéridos no saturados que forman la mayor parte en la constitución de los aceites, fijan el hidrógeno rompiendo las dobles ligaduras y convirtiéndose por ello en glicéridos saturados.

Este sistema se ha llegado a perfeccionar pudiéndose en la actualidad, obtener las grasas en el grado de dureza deseado, pues si la hidrogenación es demasiada, se llegan a saturar todos los glicéridos y se obtienen productos demasiado duros.

*Manteca de cerdo:* No obstante que se han podido obtener grasas de la misma consistencia de la grasa de cerdo, ésta sigue empleándose en la industria del pan.

La manteca de cerdo varía mucho en sus propiedades y composición, dependiendo esta variación del tipo de alimento recibido por el animal, de su edad al ser muerto, y de la parte del cuerpo de que se extraiga la manteca.

Generalmente de los cerdos alimentados con mucha grasa se obtiene una manteca con alto índice de yodo, un gran índice de suavidad, en tanto que la manteca obtenida de un cerdo alimentado con pocas grasas y muchas proteínas presenta un índice bajo de yodo y una consistencia firme.

La grasa obtenida de los órganos internos del cerdo presenta una mayor blandura que la de los tejidos externos, y algo parecido sucede respecto a la edad del animal, pues siendo menor ésta, mayor es la suavidad de la manteca obtenida.

*Mantequilla:* Al batir la crema de la leche se obtiene la mantequilla que se usa en panadería, especialmente por su sabor agradable y característico y que no ha podido ser igualado, por la uniformidad con que puede obtenerse y por la facilidad que tiene para conservarse en buen estado.

La composición química de la mantequilla varía poco y es aproximadamente como sigue:

Grasa	80.47%
Humedad	16.34%
Sal	2.35%
Caseína	0.84%
Fosfátidos	0.2%

El porcentaje correspondiente a la caseína contiene además, el resto de proteínas, sales minerales y dextrosa.

Los fosfátidos de la mantequilla están calculados como lecitina.

El olor y el sabor de la mantequilla varían de acuerdo con la clase de crema de que se obtuvo, del tiempo y modo de almacenamiento, de si se ha puesto cerca de algún producto demasiado oloroso, etc.

El aroma fué atribuído en un tiempo a la presencia de los ácidos láctico y butírico, este último procedente de la fermentación de la lactosa. Modernas investigaciones han aclarado que el aroma se debe realmente a la presencia de un compuesto llamado diacetilo, que es una dicetona de color amarillo, y que se presenta en la mantequilla en el uno al millar. Se forma por la fermentación de los citratos que se encuentran presentes en la mantequilla.

Las vitaminas contenidas en la mantequilla son la A y G; un kilo de esta grasa representa alrededor de 7,000 calorías.

*Aceites vegetales.*—Aunque en su estado natural no tienen aplicación en las industrias panaderas, en algunas pequeñas panaderías se usan todavía por su bajo costo.

Son poco estables y no se conservan tan bien como otras grasas.

Para la industria representan una gran utilidad después de ser hidrogenados, aunque se prefieren solamente parcialmente saturados. Los más usados son los de maíz, de semilla de algodón, también se utilizan de soya, cacahuete o ajonjolí.

Las grasas de este tipo tienen un sabor neutro, propiedades conservadoras bastante aceptables; se creman fácilmente por lo que se emplean mucho para fabricar pasteles.

*Margarinas.*—La margarina se usó como sustituto de la mantequilla, por primera vez durante la guerra Franco Prusiana de 1870 y fueron los franceses los que primero la emplearon.

Al principio se obtuvo a partir de grasa de vaca, de buey o de cerdo un producto llamado oleomargarina, que tuvo poca aceptación por su bajo valor alimenticio.

Más tarde por medio de hidrogenación, refinación y desodorización de algunos aceites vegetales enriquecidos con vitamina A se ha llegado a obtener la margarina conocida actualmente y que tiene casi tanto valor alimenticio como la mantequilla.

La margarina se usa en panadería en la preparación de bizcochos de masa hojaldrada sobre todo.

*Grasas compuestas.*—Como su nombre lo indica son la mezcla de un aceite vegetal, como de maíz o de semilla de algodón, y estearinas vegetales o animales que forman una grasa compuesta, blanca y con una consistencia blanda.

Las estearinas animales usadas para este fin son generalmente oleoestearinas; actualmente estas grasas animales se reemplazan también por estearinas de origen vegetal o por aceites hidrogenados.

## HUEVOS

Los huevos se emplean como ingredientes en muchos productos de panadería, como los pasteles y bizcochos, en algunos de los cuales constituyen hasta el 50-60% del costo total.

El huevo consta de cuatro partes principales: la cáscara, la clara, la yema y la célula germinal; además están las membranas que separan estas partes entre sí.

La clara es una sustancia albuminoidea flúida, con un color amarillo muy suave, que tiene la siguiente constitución:

Agua	87%
Proteína	11.6%
Grasa	0.2%
Glucosa	0.4%
Cenizas	0.8%

Las proteínas de la clara de huevo son ovoalbúmina, que es la más abundante, globulina, mucoide y mucina.

La yema forma el 31.6% del huevo; está rodeada por una membrana formada de materia albuminoidea. Su constitución aparece con los siguientes porcentajes aproximados:

Agua	49%
Proteína	16.7%
Grasa	31.6%
Cenizas	1.5%

Además están la lecitina, la cerebrina, la glucosa, la colessterina y la materia colorante que es la luteína.

La materia albuminoidea está formada casi totalmente por vitelina.

Las cenizas de la yema contienen principalmente sales de Ca, P y Fe, y en menor cantidad, de Na y de K.

Para dar una idea de la diferencia de constitución entre la yema y la clara, está la siguiente tabla:

	Huevo entero	Yema	Clara
Agua	73%	49	86
Proteína	13.3	16.7	11.6
Grasa	11.5	31.6	0.2
N libre	1.1	1.2	0.8
Glucosa	0.3	0.2	0.4
Cenizas	1.	1.5	0.8

Al igual que la leche, para facilitar su manejo, el huevo para los usos industriales puede obtenerse en polvo o congelado; esta pulverización o congelación, se hace del huevo entero o solo de la clara o de la yema.

Para congelar el huevo entero se eliminan primero enteramente las partículas de cáscara, se mezcla perfectamente, se introduce en latas y se somete a congelación, a  $-10$  ó  $-15^{\circ}\text{F}$  ( $-23$ ,  $-26^{\circ}\text{C}$ ); al cabo de varias horas, alrededor de 70, se colocan en una cámara a  $-5^{\circ}\text{F}$  ( $-20^{\circ}\text{C}$ ).

La temperatura indicada para su almacenamiento es de  $-10$  a  $-15^{\circ}\text{F}$ . El huevo que se conserva en esta forma puede durar años en buenas condiciones. Si no se dispone de temperaturas tan bajas, con  $0^{\circ}\text{F}$  ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) el huevo se conserva bien por varios meses.

El huevo en polvo se obtiene en la industria por aspersión bajo alta presión del producto mezclado dentro de una cámara de aire calentado a  $160^{\circ}\text{F}$  ( $71^{\circ}\text{C}$ ). Este sistema da muy buenos resultados para obtener huevo entero o yemas en polvo, pero no es adecuado cuando se trate de claras solas, debido a la viscosidad propia de éstas.

Para conservar el huevo entero con cáscara, se siguen varios métodos, pero el que mejor resultado da es la sumersión de los huevos en una solución de silicato alcalino.

## LEVADURA

Los organismos que efectúan la clásica y casi cuantitativa transformación del azúcar en  $\text{CO}_2$  y alcohol etílico, han sido llamados por el nombre genérico de *Sacharomyces*, y por el vulgar de "levaduras".

Están incluídas en la clase hemiascomicetos, en el tipo de los Eumicetos, según la clasificación de Engler.

Su forma varía mucho, desde la esférica hasta la alargada, pero la *Sacharomyces cerevisiae*, que es la usada en la industria del pan y en la cerveza, presenta más bien un aspecto ovalado.

Se encuentra aislada o formando grupos irregulares o en forma de sartas o de rosarios.

Las paredes de la célula varían en grosor de acuerdo con su edad: en las levaduras jóvenes la membrana es bastante delgada y casi transparente, y va engruesando con el aumento de edad de la célula. Esta membrana se encuentra rodeando la membrana citoplásmica, de función selectiva.

El núcleo está cerca del centro de la célula, es aproximadamente de forma redonda; está formado por una nucleoproteína.

Se encuentran además del núcleo en el protoplasma, las vacuolas y diferentes gránulos: metacromáticos, de glicógeno y de grasa.

La composición química de una célula de levadura es la siguiente:

Proteína	14 %
Grasa	0.46%
Sales Minerales	2.34%
Agua	73. %
Hidratos de carbono	10.2%
Enzimas y vitaminas, presentes	

La reproducción de las levaduras normalmente se efectúa por gemación, pero bajo ciertas circunstancias particulares, puede hacerlo por formación de esporas o sexualmente.

Las vitaminas de la levadura consisten principalmente en Vitamina B y Vitamina C.

En la industria dedicada a producir levadura se siembra un cultivo puro que contiene el tipo específico de levadura, en una solución diluída de melazas o bien cereales, sales minerales, sobre todo de amonio y Vitaminas.

Se procura airear el cultivo con aire estéril. Esta aireación inhibe la fermentación y obliga a la levadura a propagarse utilizando los alimentos presentes en el medio.

Las levaduras, de este modo, alcanzan su total crecimiento a las doce horas, y cuando esto sucede, se separan de la solución por filtración o centrifugación de la misma. Después de esto, se lavan, se comprimen y se envuelve en paquetes de determinado peso.

También se expende la levadura en estado de sequedad, para lo cual, después de lavada y filtrada, se introduce en un aparato secador que reduce su humedad en un 12%. La levadura obtenida en esta forma se conserva en buen estado durante un tiempo más o menos largo, según sea la temperatura a que se someta, sirviendo aún en el caso en que se almacene a la temperatura ordinaria. Sin embargo, el pan obtenido con la levadura seca no es nunca de la misma calidad que el obtenido con levadura fresca.

La levadura en estado de compresión sí requiere almacenamiento especial, a 45°F (7°C) y no tiene gran duración a esta temperatura, por lo que es indispensable un entrego diario. Si la levadura comprimida no se guarda bajo esas condiciones, se descompone en seguida y sufre un proceso de auto-fermentación: por la acción de las enzimas emitidas por la levadura, las paredes de la célula se rompen y se vacían éstas, tomando el conjunto un olor desagradable y una consistencia semiflúida.

El control de la temperatura del agua donde se disuelve la levadura debe llevarse con cuidado, pues a una temperatura superior a 130°F (54°C) muere la levadura. La temperatura óptima es entre 76 y 90°F (24-32°C), asi-

mismo, es muy importante no disolver la levadura en agua que contenga altos porcentajes de sal común u otras sustancias minerales.

Características de una buena levadura: Uniformidad para que el panadero sepa que día tras día trae la misma fuerza, entendiéndose por fuerza el poder para llevar a cabo la fermentación durante todo el proceso; balance entre la producción de gas carbónico y la de enzimas suavizantes del gluten; pureza de la levadura, es decir, que tenga nada más la levadura específica para el pan ausente de otras levaduras salvajes o bacterias indeseables; consistencia adecuada, firme y con una fractura limpia sin desmoronamiento; olor característico y color variable desde ligeramente amarillento hasta café pálido.

## MALTA

Lo que se usa en panadería como malta, no es propiamente ésta, sino un extracto de malta.

La cebada se separa de otros granos y sustancias extrañas en máquinas similares a las usadas para seleccionar el trigo y es llevada a grandes tanques en los que adquiere una humedad uniforme; de preferencia se usan para este objeto aguas duras, pues el sulfato cálcico de éstas favorece la germinación.

En seguida se coloca el grano sobre el suelo, en cámaras de temperatura controlable y se deja germinar.

Los granos, durante su germinación liberan enzimas proteolíticas y amilolíticas modificándose, al actuar éstas sobre el almidón y las proteínas de la cebada.

Cuando el tallo germinado alcanza determinada longitud, se dice obtenida la malta, se somete el grano a un proceso de secamiento, aunque no absoluto pues se le deja cierto contenido en agua. Durante esta operación los ta-

llos germinados se desprenden del grano. La temperatura alcanzada no debe exceder a los 155°F (69°C), pues si es mayor se destruye la actividad diastática de las enzimas.

Para preparar el extracto de malta, el producto resultante de esta operación se mezcla con agua y se agita en grandes tanques durante varias horas. En esta operación las enzimas amilolíticas se liberan de la malta, y licúan el almidón insoluble, transformándolo en maltosa y dextrinas.

Por otro lado, las enzimas proteolíticas convierten a las proteínas insolubles en solubles.

Al filtrar esta mezcla de malta y agua, ésta lleva en su seno las enzimas proteolíticas y las amilolíticas, maltosa, dextrinas, sustancias proteicas solubilizadas, sales minerales y todas las sustancias solubles que contiene la malta.

Este extracto se concentra tanto como se desee, obteniéndose jarabes e inclusive extracto de malta seco.

#### Composición del jarabe de malta:

Maltosa	65-70%
Agua	20-25%
Materia nitrogenada	4-6%
Materias Minerales	1-1.5%

#### Composición del extracto seco de malta:

Maltosa	85-90%
Humedad	2-5%
Materia nitrogenada	5-7%
Materias Minerales	2-2.5%

Si la temperatura empleada para esta concentración es muy elevada, inactiva totalmente a la amilasa, y en parte a las proteasas, que quedan con alguna actividad. Resulta así el jarabe de malta no-diastático.

Empleando un calor medio, se obtiene una actividad diastática determinada, resultando el extracto de malta de baja o de mediana acción diastática.

Esta graduación de la actividad diastática de una malta se indica por los llamados Grados Litner. Estos datos se han obtenido apreciando la cantidad de azúcar producida por la acción de la malta sobre almidón soluble de papas, a determinada temperatura, concentración y pH.

La graduación de Litner es aproximadamente como sigue:

Actividad diastática baja menos de 30°L.

Actividad diastática media de 30-60

Actividad diastática alta más de 70

Según sea la harina usada en determinada panadería, la malta necesaria tendrá mayor o menor actividad diastática, evitando desde luego que exista demasiada actividad enzimática, que tiene muchos inconvenientes, pues actuando sobre las proteínas del gluten rompen éste, licúan el almidón demasiado y vuelven a la masa pegajosa y suave en demasía.

Usando, en cambio, una malta de actividad diastática apropiada se obtienen varias ventajas: entre otras, que puede usarse en la cantidad deseada sin temor a aflojar la masa ni a descomponer el gluten.

## AGUA

El agua absolutamente pura no se encuentra en la naturaleza, únicamente mezclada con impurezas consistentes en sustancias sólidas, líquidas y gaseosas que se encuentran en su seno en forma de suspensión o disolución.

Las aguas provenientes de la lluvia, nieve, granizo y rocío por no haber estado en contacto con la tierra contienen pocas impurezas en forma sólida y una mayor cantidad en forma gaseosa.

El agua es indispensable en la fabricación del pan, tanto como la harina o la levadura, pues es la que origina el gluten al unir la gliadina y la glutenina, constituyentes de la harina.

Otra cantidad de agua es empleada en humedecer el almidón, incorporándolo al gluten al ser mezclados y formando, todos ellos, la masa.

Por el agua también, la levadura, suspendida en ella, se difunde a través de toda la masa de una manera uniforme.

Según todo esto, el agua tiene una importancia especial dentro de la industria panificadora, y deben tomarse en cuenta sus cualidades, cuidando, por medio de análisis que no sea demasiado dura, suave o alcalina.

El agua dura, con su contenido en calcio y magnesio, puede ayudar en cierto modo a la preparación del pan, ya que algunas sales minerales fortifican al gluten. Pero debe evitarse, por supuesto, un exceso de dureza en ellas, que puede acarrear demasiado endurecimiento del gluten que retarde la fermentación.

El agua demasiado suave, en cambio, hace al gluten muy suave y vuelve la masa floja y pegajosa.

Las aguas que contienen en solución sustancias alcalinas, si tienen un índice de alcalinidad bajo (pH-7-8) ayudan a neutralizar en parte la acidez de la masa originada por la fermentación. Pero debe evitarse también una alcalinidad excesiva (pH mayor de 8) que tiene un efecto solvente sobre el gluten.

Como en el caso de otras industrias alimenticias, en la industria panificadora debe tenerse sumo cuidado en el contenido de bacterias del agua, haciendo análisis bacteriológicos de ella en lapsos determinados.

Conociendo el contenido en sales minerales de una agua determinada no puede preverse el comportamiento de ésta al formar la masa, pues algunas ocasiones los resultados son inesperados. Esto se explica por la presencia de trazas de algunos elementos o compuestos no reportados en los análisis de agua. Como ejemplo de esta variación en las cualidades del agua se ha encontrado que la presencia en cantidad pequeñísima (algunas partes por millón) de Vanadio puede hacer cambiar definitivamente las características del agua.

Tipo de Agua	Clase de Agua	Tipo de alimento de levadura requerido	Cantidad de alimento de levadura requerido	Otro tratamiento especial
I.-Acida.	A.-Suave (menos de 120 ppm de dureza).	Normal.	Normal.	Sal en la esponja.
	B.-Moderadamente dura. (de 120 a 180 ppm.).	Normal.	Normal.	Ninguno.
	C.-Dura (más de 180 ppm.).	Normal.	Menor.	Malta en la Esponja en cantidad superior a la normal.
II.-Moderadamente alcalina (pH entre 7 y 8).	A.-Suave.	Normal.	Mayor.	Ninguno.
	B.-Moderadamente dura.	Normal.	Normal.	Ninguno.
	C.-Dura.	Normal.	Menor.	Malta en la Esponja en cantidad superior a la normal.
III.-Alcalina.	A.-Suave.	Acido.	Mayor.	Fosfato Monocálcico.
	B.-Moderadamente dura.	Acido.	Normal.	Ninguno.
	C.-Dura.	Acido.	Menor.	Exceso de Malta y en casos p. ave además ácido láctico o vinagre.

## SAL

La sal común o NaCl se encuentra en forma natural en las aguas del mar, de lagos salados y también minas.

De las aguas saladas se puede obtener en diferentes grados de pureza por destilación fraccionada de ellas.

La sal junto con la harina, la levadura y el agua forman los elementos esenciales para fabricar un pan.

Puede tener impurezas de otras sales como de calcio y de magnesio, que en cantidad exagerada imparten un sabor quemante.

Un buen tipo de sal es de 98% de pureza, 1.4% de sulfato de calcio, 0.5% de cloruro de magnesio y 0.1% materia insoluble en agua.

## ALIMENTO DE LEVADURA

Debido a que no toda el agua tiene un contenido uniforme de sales minerales, de las cuales toma parte de su alimento la levadura, fué preciso preparar una serie de compuestos capaces de llenar esta necesidad de la levadura o, dicho de otra manera, uniformar el contenido de sales minerales del agua por adición de éstas.

Estos compuestos minerales no son realmente sustancias artificiales, sino están naturalmente en el agua y en muchos vegetales; la prevención de mucha gente para el uso de sustancias químicas en el pan proviene de que panaderos irresponsables usaron en un tiempo compuestos químicos dañinos como el alumbre y el sulfato de cobre para mejorar su calidad.

El alimento de Levadura no es realmente tal, sino un acondicionador de la Levadura.

Existen en general dos clases de alimentos de levadura: el normal y el tipo ácido.

Fórmula del tipo normal:		El tipo ácido tiene:	
$\text{NH}_4\text{Cl}$	9.7%	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	50%
$\text{CaSO}_4$	25	$(\text{N H}_4)_2 \text{SO}_4$	7
$\text{NaCl}$	25	$\text{KIO}_3$	.10
$\text{KBrO}_3$	.3	$\text{KBrO}_4$	.12
Almidón	40	$\text{NaCl}$	19.3
		Almidón	23.42

### CAPÍTULO III

## INFLUENCIA Y TRANSFORMACION DE LAS MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FERMENTACION Y EN LA CALIDAD DEL PAN

Para poder expresar la influencia que pueden tener los diversos ingredientes en el proceso de fermentación y en la calidad de la pieza de pan ya terminada, es necesario aclarar algunos términos técnicos que se usan para expresarla.

Las características de una pieza de pan pueden ser externas, las que se observan a primera vista, e internas, en las que es necesario rebanar el pan para poder determinarlas.

Las características externas del pan son: volumen, forma, simetría, color de la corteza, calidad de la corteza y greñado, que es el nombre dado a la ruptura que sufre la corteza contra el molde, cuando el pan que se fabrica es en molde destapado.

Las características internas son las siguientes: grano, que se refiere a la estructura de las celdillas; el grano ideal es el correspondiente a una estructura de pequeñas celdillas de tamaño uniforme, de forma ligeramente ovalada y con las paredes delgadas. Textura, representa la elasticidad y suavidad de la migaja, es por lo tanto determinada exclusivamente por el sentido del tacto. Están muy

asociadas la calidad de la textura con la del grano. Las otras características internas son: color de la migaja, olor y sabor.

## H A R I N A

Las proteínas que contiene la harina son una fuente muy importante de nitrógeno para la nutrición de las levaduras, y por lo tanto depende en gran parte la calidad de la fermentación de la masa y del producto final, de la clase de harina usada en la manufactura del pan.

Al entrar una nueva harina debe analizarse cuidadosamente y según los resultados obtenidos requerirá mayor o menor tiempo de fermentación o mayor o menor cantidad de levadura o algún otro cambio de ingredientes. Las harinas fuertes necesitan una fermentación más vigorosa que las débiles, entre más fina o de menor extracción sea una harina, requerirá menos fermentación.

Todas estas precauciones son fundamentales para obtener una pieza de pan de buena calidad.

## L E C H E

Al añadir leche a la masa se le proporcionan grasas, proteínas, azúcares y sales minerales en alto porcentaje.

El efecto más importante de la leche sobre la fermentación, es que aumenta mucho la tolerancia de la harina a ésta, debido primordialmente a su efecto buffer sobre el pH. Por ejemplo, una masa sin leche que tiene al mezclarse un pH de 5.8, al cabo de cuarenta y cinco minutos de fermentación alcanza un pH de 5.1; en cambio, esta masa adicionada de leche tiene un pH de 5.9 y al cabo del mismo tiempo de fermentación su pH baja sólo a 5.7.

Como la actividad de las enzimas es mayor a un pH bajo, alrededor de 5, se deduce que la leche ejerce un control sobre la actividad enzimática.

Por regla general, la leche debe agregarse en la masa, pero si la harina es débil o de mucha actividad diastásica, conviene añadirla en la esponja.

El mezclado de una masa que lleva leche debe ser un poco mayor que el de una masa sin ella, y al cocerse debe tomarse la precaución de bajar la temperatura del horno, alrededor de 10° F (5.5° C), para cocer el pan con leche en el mismo tiempo que el sin leche, pues el primero toma color rápidamente y puede quedar algo crudo si no se toma el cuidado antes mencionado.

La cantidad de leche en polvo descremada que debe usarse varía desde 3% hasta 12% en algunos panes especiales. Estos porcentajes, al igual que todos los que se mencionan están basados en el peso de la harina y no son, por lo tanto, porcentajes absolutos.

Un pan de magnífica calidad se obtiene con un 6% de leche, y para obtener pan en el cual toda el agua esté sustituida por leche, o sea pan de leche, hay que utilizar 8.5% de leche entera en polvo.

Por cada kilogramo de leche en polvo hay que agregar un litro de agua a la masa.

Los efectos mejoradores de la leche sobre el producto final son los siguientes: mejora el olor y el sabor, aumenta el valor alimenticio del pan, especialmente por su contenido en calcio; mejora el color y la calidad de la corteza, haciéndola más delgada y suave, mejora la textura y le confiere brillo a la migaja, produce un aumento en sus cualidades conservadoras y en la facilidad para tostarse, debido esto al bajo punto de caramelización de la lactosa.

Entre las desventajas para su uso está que amarillea la migaja del pan y tiende a abrir ligeramente el grano.

## A Z U C A R

Para la levadura el azúcar es el material fermentable, que tendrá que descomponer en bióxido carbónico y alcohol, y es a la vez fuente de carbohidratos de la que tomará las energías necesarias para llenar su función.

En una masa se encuentran necesariamente los azúcares contenidos en la harina y los provenientes de la acción enzimática de las levaduras sobre el almidón de la misma, pero ambos son insuficientes para que se efectúe la fermentación y para llenar otros requisitos con que debe cumplir la levadura, de modo que le es agregada una cantidad determinada de azúcar, de acuerdo con los demás ingredientes.

La cantidad de azúcar empleada debe ser calculada con cuidado, pues una cantidad adecuada de ella incrementa el desarrollo de las levaduras, en tanto que si el porcentaje es elevado, la fermentación se entorpece. En términos generales, hasta el 3% de azúcar acelera la fermentación, de el 3-10% su acción nos es considerable y desde este porcentaje hasta el 25% retarda la fermentación. La cantidad que se utiliza en pan blanco varía desde 0-8%, según la clase de pan; el promedio de pan de molde es de 5%. Reduce la cantidad de agua en la masa .5% por cada 1% de azúcar añadido.

Si una masa contiene poca azúcar debe llevar una fermentación menos vigorosa que si contuviera un alto porcentaje de ella, pues hay necesidad de considerar que debe quedar una cierta cantidad al final de la fermentación, para que al caramelizar con el calor del horno, le dé su color característico a la corteza de pan y al tostarse éste después de cocido, adquiera el color dorado que le es propio.

En la pieza de pan ya terminada se notan los siguientes efectos del azúcar: mejora el sabor, imparte color a la corteza, hace que el pan sea tostado más fácilmente, le da

una textura fina, le da suavidad al pan y a la corteza, efecto semejante al de la grasa, ayuda a retener la humedad al pan y conservarlo fresco más tiempo y por último, aumenta el valor alimenticio del pan.

## GRASA

Las grasas no ejercen influencia en la fermentación de la masa; pero tienen acción lubricante sobre el gluten colaborando a su desarrollo.

En cantidades hasta el 3% colabora al volumen de la pieza; y es esa cantidad la usual en pan blanco siendo el máximo en éste de 3%.

En el pan ya terminado las grasas le imparten superiores cualidades comestibles "acortando" el producto, dan corteza más suave y delgada, textura sedosa, evita el desmoronamiento de la migaja; hace ésta más suave y húmeda conservando el pan más tiempo fresco, por su acción lubricante en el gluten mejora la simetría de las piezas, también contribuye a mejorar el sabor y a retener el aroma y finalmente aumenta el valor alimenticio.

## HUEVOS:

Este ingrediente no es, naturalmente, para el pan blanco sino para los bizcochos. Sobre la fermentación tiene un efecto retardante; en el producto final se nota una mejora en el volumen, por su contenido en albúmina, en su aspecto general y en su sabor; también contribuye a prolongar la frescura del producto y a su valor alimenticio.

## LEVADURA

La levadura se utiliza en el pan con dos fines primordiales:

1o.—Como agente productor de anhídrido carbónico para conferirle al pan su característica estructural peculiar por la formación de celdillas resultando una pieza aireada más digestible.

2o.—Mejora el aroma y el sabor del pan mediante todo el proceso fermentativo y contribuye a elevar su valor nutritivo añadiendo pequeñas cantidades de vitaminas B y C.

La levadura es uno de los ingredientes que más influyen en la fermentación, tanto por lo que se refiere a su calidad como a la cantidad a usarse. Esta cantidad es sumamente variable de acuerdo con el tipo de harina, tiempo de fermentación, condiciones climáticas, etc.

El ajuste de la cantidad de levadura constituye un problema casi diario para el panadero, de cuya solución depende en gran parte la calidad del pan obtenido.

La cantidad de levadura usada varía desde 1.5% en pan blanco hasta 8% en bizcocho. Es de notarse que en México, debido a la baja presión atmosférica, la cantidad a usarse es algo menor.

## MALTA

El extracto de malta diastático asegura la producción de maltosa durante todo el proceso de fermentación, produce una pieza de calidad superior sobre todo en lo que respecta a aroma, color de la corteza y a cualidades conservadoras.

Tiene el inconveniente este ingrediente, de oscurecer la migaja.

La cantidad usada depende de la fuerza diastática de la malta, y del tipo de harina empleado, pero está dentro de los límites de  $\frac{1}{8}$  y  $\frac{1}{2}$ %.

El extracto de malta no diastático puede usarse hasta en un 2.5% como máximo y presenta las mismas ventajas y desventajas del anterior.

## AGUA

Se denomina absorción de una harina a la cantidad de agua correspondiente a 100 partes de la harina para producir una masa de consistencia adecuada.

La absorción de una harina está asociada íntimamente al tiempo de trabajo de la masa en la mezcladora: a mayor tiempo de trabajo, mayor absorción y a menor trabajo, menor absorción.

Una harina mientras más fuerte sea tiene más absorción y requiere por lo tanto, mayor trabajo. De esto se deduce que el tiempo de trabajo depende del tipo de harina.

Lo importante en todo esto es en primer lugar el aspecto de la masa: una masa falta de trabajo se siente húmeda, su aspecto es rugoso y al jalarla se rompe con algo de resistencia; por el contrario, una masa con demasiado trabajo también se siente húmeda, tiene tendencia a formar hilos y burbujas y se rompe sin resistencia; la masa con su trabajo correcto se siente seca, al jalarla demuestra un buen desarrollo y su aspecto es liso.

Este acondicionamiento físico del gluten es de importancia vital para la fermentación, y en general puede decirse que una masa con poco trabajo se asemeja a una masa fresca o falta de fermentación, en tanto que una masa con demasiado trabajo se parece a una masa vieja o con exceso de fermentación.

Es también de interés en el cálculo de cantidad de agua o absorción, el comportamiento de la masa en el departamento de máquinas: la masa debe ser floja pero sin que se pegue en las máquinas divisora y modeladora o haya que usar excesiva cantidad de harina de polvear, lo cual iría en detrimento de la calidad del pan.

## SAL

La sal es usada para dos propósitos fundamentales: el primero de ellos es hacer el pan agradable al paladar: la sal tiene la curiosa propiedad de resaltar otros sabores, de ahí que un pan sin sal o con poca sal resulte desabrido. El segundo propósito perseguido con el uso de la sal es su gran influencia en la fermentación ejerciendo un efecto inhibitorio sobre la levadura, sobre las enzimas causantes de la hidrólisis del almidón, y sobre la bacteria productora del ácido láctico.

Otros efectos importantes de la sal son los siguientes: endurece el gluten, debiendo por tanto usarse más sal con harinas débiles; en épocas muy calurosas una mayor cantidad de sal ayudará a frenar la fermentación, aunque es preciso tener en cuenta que si el porcentaje empleado rebasa el 2.5%, se obtiene un pan de calidad inferior y de sabor amargo.

El promedio a usarse de sal es de 2% pero en los bizcochos, sobre todo para el gusto latino, se aconseja utilizar un porcentaje muy bajo de sal, como del 0.5%.

Otro efecto interesante de la sal es su poder blanqueador sobre la migaja, debido a que produce en el pan un grano fino que le da a éste una apariencia de mayor blancura.

## ALIMENTO DE LEVADURA

Su efecto beneficioso en general se traduce en mejor volumen de la pieza de pan, ayudando al mismo tiempo a mejorar el grano y la textura.

Las cantidades a usarse varían desde 0.1-0.5%, dependiendo de los siguientes factores: debe usarse el mínimo de alimento de levadura cuando la harina es muy fina, el agua muy dura, la cantidad de levadura empleada alta, o bien si el molinero le añadió bromato a la harina. Si en algunos de los casos anteriores se usa una cantidad alta de alimento de levadura, el efecto es contraproducente resultando un pan de bajo volumen, de textura áspera y grano grueso.

Los efectos de los diversos componentes de un alimento de levadura son los siguientes:

$\text{CaSO}_4$ : fortifica el gluten, aumenta su poder de retención del gas, actúa como estabilizante de la fermentación, aumenta el contenido en Ca del pan.

$\text{NH}_4\text{Cl}$ : aumenta la acidez de la masa y sirve como alimento para la levadura.

$\text{KBrO}_3$ : estimula la actividad enzimática, suaviza el gluten, tiene efectos oxidantes controlando la acción de la proteasa.

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ : ayuda a prevenir el ahilamiento y aumenta la acidez de la masa.

$\text{KIO}_3$ : de acción semejante al bromato pero actúa en un pH más elevado y tiene por lo tanto más actividad al principio de la fermentación, de ahí que el alimento tipo ácido sea de acción más rápida.

## TRANSFORMACION DE LAS MATERIAS PRIMAS, ENZIMAS

Las enzimas, secreciones de organismos vivos, efectúan una acción catalítica en las reacciones en que intervienen, es decir, aceleran la velocidad de reacción sin experimentar ningún cambio permanente.

Aun cuando está perfectamente aclarado que son sustancias catalizadoras, se las considera como un grupo aparte, pues provienen de organismos vivos y tienen además la propiedad de ser completamente específicas, ya que una enzima solamente cataliza una reacción determinada.

Se presentan en forma de soluciones coloidales, tienen pesos moleculares muy altos, y en general presentan propiedades parecidas a las de las soluciones proteicas. Son termolábiles o sujetas a inacción por altas temperaturas.

El valor del pH ejerce una gran influencia también en la actividad de las enzimas: el pH óptimo para una enzima es específico para ésta y para la reacción en la que interviene.

Otras condiciones de las que dependen las enzimas para graduar la velocidad de reacción son: la concentración de la enzima, la naturaleza del medio, duración de la reacción, etc.

Ciertas enzimas no pueden efectuar su función catalizadora en ausencia de determinadas sustancias específicas naturalmente asociadas con ellas y que se conocen como coenzimas. Estas sustancias no son de naturaleza proteica.

Las enzimas suelen llamarse del mismo modo que la sustancia sobre la cual actúan pero con la terminación *asa*: esto no es general ya que algunas enzimas tienen sus nombres propios independientes de esta regla, como la pepsina.

Su aislamiento ha sido muy difícil y en general se clasifican y conocen más bien por sus efectos que por lo que realmente son, aun cuando algunas de ellas han logrado ser cristalizadas.

Se han hecho muchas clasificaciones de ellas fundadas en la naturaleza de las reacciones en que intervienen como catalizadores.

*Enzimas que actúan durante el proceso de manufactura del pan.*

*Citasa.*—Estas enzimas se encuentran en los cereales, en la malta diastática y en la harina.

Actúa sobre las paredes celulósicas de los gránulos de almidón, disolviéndolas y haciendo factible el ataque de las demás enzimas. Esta enzima es destruída a 140°F (60°C).

*Diastasa o amilasa.*—Se encuentra en las mismas fuentes que la anterior. Está formada por dos enzimas:  $\alpha$  amilasa y  $\beta$  amilasa.

La  $\alpha$  amilasa actúa sobre el almidón transformándolo en dextrinas; la  $\beta$  amilasa efectúa la transformación de estas dextrinas en maltosa.

A temperaturas menores de 67°F (19°C) es inactiva, su acción va aumentando rápidamente hasta los 129°F (53°C); de los 129 a los 145°F (63°C) su acción permanece constante, arriba de los 145 decrece su actividad y a los 167°F (75°C) es destruída.

Las amilasas en el proceso de fermentación del pan son muy activas en la cámara de dilatación, que es donde se deja reposar la masa en el molde, antes de ser introducida en el horno: una parte de amilasa es capaz de convertir 150 veces su peso de almidón en dextrinas y maltosa durante 10 minutos. Es todavía más activa durante los

diez minutos primeros de cocción de la masa en el horno, donde es capaz de transformar 2,000 veces su peso de almidón.

Muchos de los cambios sufridos por la masa durante el proceso de fermentación, tales como su aflojamiento y su consistencia pegajosa, son el resultado del ataque de las amilasas a los granos de almidón.

Sus efectos en la calidad del pan se vieron al tratar del extracto de malta diastático que es la fuente de donde la adquiere el panadero.

Modernamente la preparación de amilasas se ha hecho por cultivos del organismo *Aspergillus orizae*, y las enzimas así obtenidas se han denominado "enzimas fungales".

*Maltasa.* Se encuentra en la levadura. Hidroliza la maltosa convirtiéndola en glucosa o dextrosa.

Su acción cesa a los 167° F.

*Invertasa.* Se encuentra en la levadura. Efectúa el proceso denominado "inversión del azúcar", convirtiendo la sacarosa, dextrógira, en una mezcla en partes iguales de d.glucosa (dextrógira) y d.fructosa (levógira), y como esta última tiene un poder de rotación más fuerte, la mezcla resultante es levógira, de lo que deriva el nombre de "inversión".

Su actividad aumenta hasta los 140° F (60° C); desde esta temperatura hasta los 167° F decrece lentamente, y a una temperatura mayor se inactiva.

*Zimasa.* Se encuentra en la levadura. Se han aislado e identificado totalmente tres coenzimas suyas: el sistema del ácido adenílico, formado por varias sustancias en equilibrio y que funciona como transportador de ácido fosfórico, la coenzima cuya función es transportar hidrógeno, y la cocarboxilasa que es un agente descarboxilante.

La acción de la zimasas consiste en convertir la mezcla de dextros y fructosa en  $\text{CO}_2$  y alcohol.

Es inactiva a temperaturas menores de  $68^\circ\text{F}$  ( $20^\circ\text{C}$ ), su mejor actividad es desarrollada entre  $70$  y  $95^\circ\text{F}$ , ( $21$ - $35^\circ\text{C}$ ), de  $95$  a  $125^\circ\text{F}$  ( $52^\circ\text{C}$ ) su acción se debilita y a los  $140^\circ\text{F}$ , cesa su actividad.

*Proteasa.*—Se encuentra en los cereales, en la levadura, en la malta diastática y en la harina.

Transforma las proteínas en peptonas. Su acción sobre el gluten es deseable pero sólo hasta cierto grado, pues su exceso, sobre todo en harinas débiles es de consecuencias fatales: puede ablandarlo demasiado y disminuir su poder de retención del gas.

Una ventaja de las enzimas fungales es que suministran las amilasas separadas de las proteasas, aun cuando esta separación no puede ser total.

La temperatura ideal para la actividad de esta enzima es entre  $70$  y  $125^\circ\text{F}$ , decrece hasta los  $140$ , y a los  $167^\circ\text{F}$ , cesa su acción.

## ENVEJECIMIENTO DEL PAN

La naturaleza de este proceso no está claramente definida. Está asociado a una pérdida de la humedad en el pan, aunque no es éste el único factor determinante, pues se ha logrado demostrar que aun conservando su humedad, el pan se envejece.

Es interesante que al tostar el pan viejo, o al calentarlo a  $160^\circ\text{F}$  ( $71^\circ\text{C}$ ), este pan recobra en parte sus características de frescura, y todavía más notable el que esta operación pueda repetirse varias veces.

El envejecimiento del pan afecta a la corteza y a la migaja. La corteza en el pan fresco es dura, crujiente y frágil, en el pan viejo es suave y correosa; esto se debe

a que por su naturaleza higroscópica, la corteza absorbe humedad del medio, si éste es muy húmedo, y de la migaja del pan.

La migaja del pan fresco es suave, la del pan viejo es dura y desmoronable. Esto se debe en parte a la pérdida de la humedad que ha pasado a la corteza y en parte también a la cristalización de la fracción del almidón llamada amilopectina; este compuesto se caracteriza por ser de cadena ramificada, a diferencia de la otra fracción, amilosa, que es una cadena lineal. En esa cristalización la amilopectina cede su humedad, tal vez al gluten, y puede recobrarla al calentarse.

El pan se conserva mejor congelado a temperaturas de  $-4^{\circ}\text{F}$  ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) o bien caliente a temperaturas superiores de  $130^{\circ}\text{F}$  ( $54^{\circ}\text{C}$ ); a esas temperaturas el proceso de envejecimiento no se lleva a cabo. El inconveniente de almacenar el pan caliente es la facilidad con la que se desarrolla el ahilamiento, y el de almacenar el pan congelado, su elevado costo.

Se ha demostrado que la cantidad y calidad de las proteínas de la harina tienen mucha influencia en el envejecimiento del pan: un pan hecho con harina fuerte se conserva fresco durante mayor tiempo que el de harina débil.

## CAPITULO IV

### CONDICIONES IDEALES PARA EL DESARROLLO DE LA FERMENTACION ALCOHOLICA EN EL PAN

Para poder obtener un pan de calidad uniforme es indispensable controlar la temperatura y la humedad en todos los pasos del proceso seguido para su manufactura, desde el almacenamiento de ingredientes hasta obtener el pan rebanado y envuelto.

La siguiente tabla muestra las temperaturas y humedades ideales para el almacenaje de los diversos ingredientes:

<i>Materiales</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Humedad Relativa</i>
Azúcar	70°F (21°C)	65%
Levadura, huevos y mantequilla.	45°F (7°C)	60-75%
Harina.	60-80°F (16-27°)	60-75%
Grasas.	50°F (10°C)	60%

La esponja debe tener al salir de la mezcladora una temperatura alrededor de 78°F (25.5°C), y la masa entre 80-82°F (27-28°C). El control de estas temperaturas se lleva a cabo mediante la temperatura del agua agregada, en ocasiones se requiere el uso de hielo o agua helada.

En la cámara de fermentación, donde las esponjas reposan alrededor de cuatro horas y las masas media hora, debe mantenerse una temperatura lo más cercana que sea posible a 80°F, y una humedad relativa de 75-80%. Si la esponja o la masa se resecan por falta de humedad el pan obtenido resulta con grano y texturas irregulares.

En la cámara de dilatación, donde la masa reposa ya en el molde alrededor de una hora, la temperatura debe ser de 95-98°F (35-37°C), y la humedad relativa de 85-90%. Si por falta de humedad la masa se reseca, se obtiene un pan con corteza gruesa y pálida; si por el contrario, se humedece demasiado, haciendo la masa pegajosa, el pan resultante tiene una corteza dura y correosa.

La temperatura del horno varía de 375-450°F (191-232°C), dependiendo del tamaño y clase del pan. Si el pan contiene en abundancia ingredientes enriquecedores, como azúcar, leche, malta, etc., la temperatura de cocción debe ser más bien baja.

Si el horno está demasiado frío el pan tardará mucho tiempo en cocerse y se evaporará el agua que contiene, obteniéndose un producto reseco. Si, por el contrario, está muy caliente se forma la corteza rápidamente y se vuelve dura y de color oscuro en tanto que el pan se conserva crudo por dentro. El tiempo de cocción es una indicación muy útil y varía de 15 a 35 minutos según la clase y tamaño del pan. Unidades más pequeñas requieren menor tiempo de cocción.

La presencia de vapor a baja presión en el horno durante los cinco primeros minutos de cocción, favorece la dextrinización del almidón y proporciona a la corteza un brillo característico.

Durante el proceso de cocción, se llevan a cabo las siguientes reacciones:

<i>Temperaturas</i>	<i>Reacciones Efectuadas</i>
95°F (35°C)	Aumentan: la absorción del agua por el almidón, la producción del CO <sub>2</sub> y la actividad enzimática.
105°F (41°C)	Principia la gelatinización del almidón.
120°F (49°C)	Prosigue la gelatinización y se retarda la fermentación de la levadura.
125-140°F (52-60°C)	Prosiguen su actividad las enzimas, aumenta la presión del CO <sub>2</sub> .
140°F (60°C)	Se coagulan las proteínas y finaliza la fermentación.
160°F (71°C)	Se evapora el alcohol.
175°F (80°C)	Termina toda actividad enzimática; caramelización de la maltosa.
195°F (91°C)	Fin de la gelatinización del almidón.
212°F (100°C)	Formación de vapor de agua, de la estructura de la migaja y de la corteza.
212-250°F (100-121°C)	Formación en la corteza de dextrinas de color amarillo pálido.
250-285°F (121-141°C)	Formación de dextrinas cafés.
265°F (130°C)	Caramelización de la lactosa.

<i>Temperaturas</i>	<i>Reacciones Efectuadas</i>
300-400°F (149-204°C)	Formación de sustancias de color café oscuro, de estructura desconocida provenientes de dos fuentes: caramelización de los azúcares y reacción entre el azúcar y los aminoácidos. A estas sustancias se debe no sólo el color sino también el aroma del pan recién salido del horno. La reacción entre la glucosa en solución y la leucina da una coloración café y un olor que recuerda al pan al salir del horno.

La cámara de enfriamiento debe tener una temperatura de 65-75°F (18-24°C) y una humedad de 70%; el paso del pan por esta cámara tiene un doble fin: preservarlo de la contaminación de las esporas que pueda haber en el medio ambiente y evitar su resecamiento.

Para poder controlar la temperatura y la humedad de las tres cámaras utilizadas, se emplean unidades de aire acondicionado.

El pan está en la cámara de enfriamiento alrededor de dos horas, al cabo de las cuales su temperatura debe ser inferior a 90°F (32°C) y está listo para rebanarse y envolverse.

## CAPITULO V

### INFLUENCIA DE LA FERMENTACION EN LA CALIDAD DEL PAN

La fermentación apropiada de una masa hace que el pan resultante tenga buen aspecto, textura, grano, sabor, etc.

La fermentación puede ser incorrecta por dos motivos. El primero es que la masa haya sido fermentada insuficientemente, resultando una masa joven o fresca, y el segundo que haya sido fermentada con exceso, desarrollando demasiado el gluten y originando la masa pasada o vieja.

A continuación está ilustrado el comportamiento que tiene cada una de estas masas en las diversas etapas de la fabricación del pan y su resultado en el producto final.

MASA JOVEN	MASA PASADA
CAUSAS POSIBLES	
Harina fuerte.	Demasiado grande la masa, de modo que no puede dividirse en un tiempo razonable.
Poca actividad diastática.	Harina débil.
Agua salina.	Actividad proteolítica excesiva.
Agua alcalina.	Agua blanda.
Agua muy dura.	

MASA JOVEN	MASA PASADA
Poca levadura.	Mucha levadura.
Levadura vieja.	Poca sal.
Mucha azúcar.	Mucha malta diastática.
Mucha sal.	Mucho alimento de levadura.
Mucha leche.	Mucho mezclado.
Poco mezclado.	
Temperatura muy baja.	Temperatura muy alta.
Poco tiempo de fermentación.	Mucho tiempo de fermentación.

#### COMPORTAMIENTO EN EL CUARTO DE FERMENTACION

Superficie Plana.	Superficie seca y levantada.
La masa se rompe en corto con resistencia.	La masa se rompe en corto sin resistencia.
La masa se siente pegajosa.	Se desgarra en la artesa.
	Olor agrio.

#### COMPORTAMIENTO EN LAS MAQUINAS

Tendencia a pegarse.	Tendencia a pegarse.
Superficie plana.	La superficie se desgarra antes de entrar en la modeladora.

## COMPORTAMIENTO EN LA CAMARA DE DILATACION

Aparece pegajosa y sudada.	Masa seca.
Superficie lisa y plana.	Superficie levantada y desgranada.
Necesita mayor tiempo en esta cámara.	Necesita menos tiempo, pero si está demasiado pasada necesita mayor tiempo.
La temperatura de la masa es baja.	Tiene tendencia a despegarse de las paredes del molde.

## COMPORTAMIENTO EN EL HORNO

Toma color rápidamente.	Toma color lentamente.
Resulta algo crudo o demasiado coloreado de la corteza.	Debe resecarse el producto a fin de obtener un color de corteza regular.
Crece poco la masa al introducirla al horno.	Crece poco la masa al introducirla al horno.

## APARIENCIA DEL PAN

Volumen pequeño.	Volumen de grande a pequeño; si es muy vieja, pequeño.
Color de la corteza café rojizo, muy obscuro.	Color de la corteza pálido.
No tiene greña.	Greña de muy rasgada a ninguna; cuando es muy vieja no tiene greña.

Color de la corteza uniforme.	Las paredes son más pálidas que la superficie.
Las esquinas son afiladas y las paredes suaves y lisas.	Las esquinas son redondeadas y las paredes desgarradas.
Corteza gruesa, dura, correosa y con burbujas.	Corteza dura, gruesa, frágil y porosa.
Grano abierto e irregular con celdillas redondeadas de paredes gruesas.	Grano de cerrado a abierto con celdillas, delgadas y con agujeros.
Color de la migaja amarillento.	Color de la migaja gris.
Textura áspera.	Textura áspera.
	Migaja desmoronable.
Olor y sabor simples.	Olor y sabor agrios.
Cualidades conservadoras regulares.	Cualidades conservadoras malas.

## CAPITULO VI

### VALOR ALIMENTICIO DEL PAN

El pan ocupa entre los alimentos un lugar preponderante por su valor nutritivo, ya que contiene los elementos necesarios para una nutrición adecuada, aunque no en la proporción suficiente para tomarse como única fuente de alimentación.

Siempre han habido controversias sobre la clase de pan que es más alimenticio. Se creyó durante mucho tiempo que el pan hecho con harina de trigo entero era más rico en vitaminas y sales minerales, y por lo tanto más nutritivo que otros panes. Pero se ha demostrado que esta clase de pan, por su contenido en celulosa que impide el ataque del jugo gástrico a los otros elementos constituyentes del pan, es poco aprovechado por el organismo.

El pan manufacturado con harina que contiene germen del trigo posee un gran valor alimenticio ya que es muy rico en proteínas y fosfatos, pero desgraciadamente sus cualidades conservadoras son malas y se enrancia fácilmente.

Hutchinson hizo grandes experiencias comparando la composición general del pan blanco con la del pan integral; estas composiciones son muy variables, pero este investigador dió los siguientes resultados aproximados:

	<i>Pan Blanco</i>	<i>Pan Integral</i>
Agua.	35.2%	40%
Proteínas.	9.	9.
Grasas.	2.	2.2
Hidratos de Carbono.	52.5	45.8
Celulosa.	0.3	1.5
Materia mineral.	1.	1.2

Sin embargo, actualmente en las grandes panaderías se acostumbra enriquecer el pan blanco de forma que adquiriera una constitución parecida a la del pan integral.

Una fórmula de las usadas para enriquecer el pan blanco, puede ser la siguiente:

Tiamina	2.2 mgr./Kgr. de harina.
Riboflavina.	1.4 .. ..
Niacina.	20. .. ..
Fierro.	16. .. ..
Calcio.	600. .. ..
Vitamina D.	300. Unidades U.S.P.

Los hidratos de carbono constituyen alrededor del 50% del peso total del pan. De este porcentaje forman parte los azúcares presentes, como la glucosa, lactosa y sacarosa, y los almidones que parcialmente degradados originan la presencia de dextrinas y maltosa. Estos hidratos de carbono contribuyen en gran escala a formar el total de calorías del pan, convertida en una fuente principalísima de energías. Una rebanada de pan blanco de 25 grs. suministra 67 calorías.

El pan tiene también un alto porcentaje de proteínas que proceden del gluten y del germen del trigo, lo mismo que de otros ingredientes que se le añaden, como la leche. Estos albuminoides ayudan al desarrollo y reparación de los tejidos formadores del organismo.

Aunque la harina contiene sólo una pequeña cantidad de grasas, su porcentaje es aumentado por el panadero. Las grasas contribuyen a elevar el valor calorífico del pan.

El contenido en minerales de un pan puede ser bajo, sobre todo en sales de Ca y P, indispensables para la conservación de la salud, pero al añadir leche, que contiene al Ca en su forma más asimilable, y otros complementos que pueden servir también como acondicionadores de la levadura, llega a ser el pan una fuente de sales minerales de gran provecho para el organismo.

*Vitaminas.*—*Vitamina A:* indispensable para el crecimiento; su carencia ocasiona enfermedades visuales. No se puede precisar si esta vitamina se encuentra contenida en el pan blanco común. Cuando el pan está hecho con harina que contiene el germen del trigo, debería tener un alto contenido en esta vitamina, pero generalmente esta harina es sometida a altos calentamientos a fin de evitar que el germen presente arrancie la pieza de pan.

*Vitamina B.*—Las vitaminas conocidas bajo el nombre de B son varias, indispensables en cualquier dieta para obtener una nutrición apropiada.

El germen del trigo contiene un alto porcentaje de *Vitamina B<sub>1</sub>*, tiamina o aneurina, aunque ésta se encuentra también en todo el grano de trigo. También está contenida en la levadura.

Su acción es indispensable en la degradación de los hidratos de carbono. La carencia de esta vitamina origina la enfermedad llamada beri-beri.

*Vitamina B<sub>2</sub>*, Riboflavina: se encuentra concentrada en el germen del trigo. Es más estable que la Vitamina B<sub>1</sub>. Su acción contribuye al crecimiento.

*Vitamina B<sub>6</sub>*: Piridoxina: se encuentra en poca cantidad en el grano de trigo, pero abunda en la levadura. Su carencia origina complicaciones en la pelagra.

*Niacina o Ac. Nicotínico*: factor anti-pelagroso: se encuentra en mayor porcentaje en el germen que en las otras partes del grano de trigo, también existe en las células de levadura.

*Vitamina D*.—Vitamina anti-raquítica: se encuentra en el aceite de hígado de bacalao, en la yema de huevo, en la leche, mantequilla, cereales, etc.

*Vitamina E*.—Se encuentra sólo en el pan fabricado con harina que contenga el germen del trigo.

## BIBLIOGRAFIA

ENCICLOPEDIA DE QUIMICA INDUSTRIAL.

*Thorpe.*

The University Society Inc.

QUIMICA ORGANICA.

*Fieser y Fieser.*

Editorial Atlante 1948.

TRATADO DE QUIMICA ORGANICA.

*Pablo Karrer.*

Editora Nacional 1946.

FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF BACTERIOLOGY.

*Salle.*

MacGraw-Hill 1948.

CHEMISTRY OF FOOD AND NUTRITION.

*Sherman.*

MacMillan 1935.

CONFERENCIAS AL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION DE PANIFICACION BIMBO.

*Alfonso Velasco.*

1951.

BAKING SCIENCE AND TECHNOLOGY.

*Pyler.*

Siebel Publishing Company 1952.

BREADMAKING ITS PRINCIPLES AND PRACTICE.

*Bennion.*

Oxford University Press 1954.

BAKERY MATERIALS AND METHODS.

*Daniel.*

Maclaren Sons Ltd. 1953.

A TREATISE ON BAKING.

*Wihlfahrt and Brooks.*

The Fleischmann Division 1948.

THE WILLIAM HOOD DUNWOODY INDUSTRIAL INSTITUTE.

*Baking Department.*

Trade Information 1952.

SIEBEL INSTITUTE OF TECHNOLOGY.

*Course in Scientific Baking.*

1953.

THE 1954 PRODUCTION MEN'S CONFERENCE.

*The W. E. Long Co.*

AMERICAN SOCIETY OF BAKERY ENGINEERS.

*Annual Meeting.*

1952.

THE BAKER'S DIGEST.

1950-1953.