

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



ASPECTOS GENERALES DE PANIFICACION

SEMINARIO
(OPCION II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

P R E S E N T A
JOSE MARIO TORRES FUENTES

Y
TX759
T6
C.1

ABRIL DE 1989.

641

89

T

TX769

T6

C.1



1080063883

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



ASPECTOS GENERALES DE PANIFICACION

SEMINARIO

(OPCION II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

P R E S E N T A

JOSE MARIO TORRES FUENTES

MARIN, N.L.

ABRIL DE 1989.

T
TX 769
T6

040 641
FA 2
1989



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F. Tesis



UAMV
FONDO
TESIS LICENCIATURA

A DIOS TODOPODEROSO

Por ser el guía de mi vida

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

SR. MARIANO TORRES SOTO

SRA. MARIA LUISA FUENTES DE TORRES

Por el amor y respeto que me han brindado
y ser un gran ejemplo en mi vida.

A MIS HERMANOS:

GUADALUPE

MARGARITA

MA. LUISA

PATRICIA YOLANDA

MIGUEL ANGEL

ALEIDA GPE.

FERNANDO

ERICK RENE

Por el cariño que nos ha unido siempre.

AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR:

ING. NORMA IDALIA CONTRERAS MONTES DE OCA

Por su acertada orientación en la realización de este escrito.

A MIS MAESTROS:

Por su amistad y esmerada dedicación en mi formación y de mis compañeros.

A MIS COMPAÑEROS

RICARDO Y ROBERTO

Por su amistad y apoyo a lo largo de la carrera.

A LA SRA. ROSA FLIA PEREZ RENDON

Por su gran esmero en la realización mecanográfica de este trabajo.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	1
II. INGREDIENTES DE PANIFICACION.....	2
2.1. Harina.....	2
2.2. Agua.....	2
2.3. Sal.....	3
2.4. Levadura.....	3
2.5. Productos Malteados.....	5
2.6. Grasas y Aceites.....	5
2.7. Ingredientes Mejoradores.....	6
2.8. Azúcar.....	8
III. PROCESO DE PANIFICACION.....	10
3.1. Producción de la Masa.....	10
3.2. Fermentación.....	11
3.2.1. Fermentación láctica.....	12
3.2.2. Fermentación butírica.....	12
3.2.3. Fermentación acética.....	13
3.2.4. Fermentación alcohólica.....	13
3.2.5. Enzimas en panificación.....	17
3.2.6. Afinado.....	21
3.2.7. Maduración final.....	21
3.2.8. Modificaciones físicas y químicas duran- te la fermentación.....	25
3.2.8.1. Amasado tradicional.....	23
3.2.8.2. Procedimiento con esponja.....	29
3.3. Horneado.....	33

	Pág.
3.3.1. Cambios físicos y químicos durante el---	
horneado.....	33
3.4. Enfriamiento.....	34
3.5. Empacado.....	35
IV. ENVEJECIMIENTO DEL PAN.....	36
4.1. Procedimientos utilizados para evitar el endure	
cimiento.....	36
4.1.1. Envejecimiento de la corteza.....	39
4.1.2. Envejecimiento de la miga.....	40
4.2. Emulgentes y estabilizadores.....	44
V. VALOR NUTRITIVO DEL PAN.....	46
VI. BIBLIOGRAFIA.....	52

INDICE DE TABLAS

TABLAS	Pág.
1 Principales aplicaciones de los diferentes tipos de harina.....	4
2 Enzimas implicadas en la producción de pan y la digestión de los alimentos.....	16
3 Transformaciones en las masas tradicionales de corta y larga duración.....	29
4 Transformaciones en esponjas y masas con esponja	32

I. INTRODUCCION

Durante muchos siglos, la panificación era principalmente un arte doméstico, pero con el desarrollo de las ciudades, la confección del pan pasa gradualmente desde el ámbito doméstico a la panadería familiar. Esta situación continuó durante muchos años, hasta que al comienzo del presente siglo, se abrió una nueva fase en la historia de la panificación, con el rápido incremento de la mecanización en las panaderías.

El pan es uno de los productos nutritivos fundamentales de los pueblos. En los países europeos, como Inglaterra, Austria, Francia, Dinamarca, RFA y otros, el consumo diario de pan por cápita es de 250 a 400 gr. En la Unión Soviética, el consumo diario de pan en las ciudades de 500 gr por persona, en el campo considerablemente mayor: 800 gr, 1000 gr y más. El país que menos pan consume es Estados Unidos con 125 gr diarios por persona.

El pan se define como una masa formada por harina, agua, levadura, sal y grasa, que es esponjada y cocida, el esponjamiento de la masa es causado por la incorporación de dióxido de carbono CO_2 , resultante de la fermentación de los azúcares por medio de la levadura, y la cocción provoca la coagulación de la masa, de forma que el gas queda retenido y la estructura del material se estabiliza.

II. INGREDIENTES DE PANIFICACION

2.1. Harina

En la fabricación de pan se realizan mezclas de varias -- partidas de harina, estas permiten compensar los defectos de -- la harina de una partida con las cualidades superiores de otra, obteniendo de esta manera harina de mediana calidad. En la -- mezcla se usan partidas de una misma variedad de harina.

La mezcla se compone sobre la base de los análisis pre---vios de las partidas de harina. De los índices de calidad más importantes de la harina para la mezcla deberán destacarse: color de la harina, contenido y calidad del gluten, capacidad de formación de gases, capacidad de retención de gases y humedad. (Tabla 1).

2.2. Agua

Para la panificación se usa agua potable que responda a -- determinados requisitos. Ella deberá ser transparente, limpia en el sentido físico y biológico e incolora.

El agua potable no debe tener ni olor ni gusto ajeno y deberá ser agradable al tomarla. La mayoría de los higienistas--consideran que el agua potable buena no debe ser muy dura y su residuo seco no superará la cantidad de 500 mg/l. Aunque es --evidente, que la dureza del agua no es un síntoma negativo en--panificación, es más para algunas partidas de harina es, incluso, conveniente (para la harina "débil", con baja capacidad de

retención de gases). Normalmente el agua dura produce masa un poco más compacta retrasando la fermentación en las primeras etapas. En aquellos sitios donde predomina el agua dura se requiere mayor cantidad de levadura.

2.3. Sal

En panificación se usa sal común de cocina, que corresponde a los requisitos del estandar de dicho producto.

La cantidad de sal se calcula tomando como base la cantidad de líquido necesaria para una "amasada", ya que lo importante es la concentración de sal en el líquido de amasar.

Funciones de la sal en panificación:

- a) En primer lugar, da sabor al pan.
- b) Confiere al pan terminado aspecto atractivo.
- c) Contrae y estabiliza el gluten de la harina, facilitando así el conseguir una pieza bien formada, con miga que no se desmorone al corte.
- d) En las fermentaciones prolongadas, impide que la levadura trabaje demasiado rápido y restringe la actividad de las bacterias acidógenas en la masa.
- e) Coadyuva a mantener la humedad de la pieza una vez que esta ha salido del horno.

2.4. Levadura

La levadura que se usa en la producción de pan, es una masa de células de fermentación superior prensada (Saccharomyces

cerevisiae). Estas son organismos monocelulares (hongos) de forma redonda, elipsoidal u ovalada de una dimensión hablando de la levadura de pan, de 6 a 9 micras.

Desde el punto de vista del panadero la propiedad más importante de las células de levadura es su capacidad para convertir el azúcar en dióxido de carbono y alcohol y airear así la masa.

La cantidad de levadura necesaria para la elaboración del pan depende del tipo de pan que se va a producir y de la duración del proceso de fermentación.

Tabla 1. Principales aplicaciones de los diferentes tipos de harina.

TIPO DE HARINA	PRINCIPALES APLICACIONES
Harina de trigo rojo duro de invierno	-Pan blanco de caja
Harina de trigo rojo duro de primavera	-Pan de piso -Donas -Bollos -Galletas
Harina de trigo suave de invierno	-Pasteles -Pays
Harina de trigo durum	-Pastas
Harina de trigo blanco	-Pasteles

La levadura es tan importante como la harina, ya que siempre que la levadura sea buena, un panadero bien adiestrado puede controlar y modificar su sistema hasta conseguir resultados muy satisfactorios; mientras que si la levadura es débil, ninguna modificación del sistema dará resultados realmente buenos, especialmente en los procedimientos de amasado tradicional. En cambio en los sistemas de esponja y con fermentos, la levadura tiene alguna oportunidad de sobreponerse a un arranque débil.

2.5. Productos Malteados

La malta contiene azúcar, enzimas diastásicas que convierten el almidón de la harina en maltosa y dextrina y enzimas -- proteolíticas, que ablandan la estructura del gluten de la masa mediante una degradación parcial de las proteínas.

La proporción de su uso varía según la naturaleza de la harina; algunas, especialmente las que se obtienen de trigo -- germinado; ya contienen grandes cantidades de maltosa, por una rotura parcial del almidón. Entonces, se omite la malta en el proceso de fabricación de pan. Normalmente se usan aproximadamente de 100 a 450 gr de malta por cada 127 kg de harina.

2.6. Grasas y Aceites

Los aceites comestibles que se usan en panadería, como -- aceite de cacahuete, de coco, de ballena o de palmera proceden de fuentes vegetales o marinas. Las grasas sólidas pueden ser

manteca, margarina y grasas de cocina. Estas últimas se obtienen de aceites comestibles que han sido hidrogenados o endurecidos, según el tipo de grasa requerida; estos mejoran el volumen, el tacto y la estructura de la miga, el color y la suavidad del pan.

El efecto principal que se persigue generalmente con la incorporación de aceite o grasa al pan, es físico, aunque según la cantidad empleada, también dará por resultado un enriquecimiento. El efecto mejorador de la grasa está en relación con la fracción de ésta; que, a la temperatura de la masa durante el amasado y el resto del proceso, permanece sólida.

Las piezas de masa que contienen grasa, se expansionan en el horno más rápidamente en los primeros momentos y continúan después la expansión. Esto sugiere que la presencia de grasa ayuda a la masa en su propiedad para retener el gas, y puede también elevar la temperatura a la que la pieza establece su forma definitiva.

2.7. Ingredientes Mejoradores

a) Harina de soya.- La composición de la harina de soya, que se utiliza como mejorador del pan, es del orden siguiente: proteína 39.94%; grasa 19.02%; humedad 9.42%; cenizas 4.45%; hidratos de carbono 23.47% y fosfatidos 1.90%. Se puede apreciar en esta relación el valor de sus componentes como enriquecedores.

b) Lecitina.- Se obtiene de la soya, y se encuentra en el

mercado como tal o en forma de emulsión en estado de pasta amarilla para mejorar el pan. Sus propiedades emulgentes son muy valiosas; actúa físicamente sobre el gluten de la masa, modificándolo particularmente, de forma que facilita el manejo de las masas blandas y mejora las propiedades del pan. La influencia en la masa es más notable cuando la absorción de agua sobrepasa los 72.5 litros por 127 kg de harina, ya que a las masas de este tipo les imparte estabilidad, dando panes con buen volumen y estructura de la miga con buenas propiedades de conservación.

Al estado de emulsión, se emplea en proporciones de 500 gr por 127 kg de harina, y la lecitina de 142 gr por 127 kg de harina. Se le maneja mejor haciendo una masa previa con grasa y harina. El pan que produce tiene un buen aspecto y corteza crujiente.

c) Almidón gelificado.- Tiene por objeto mantener la humedad del pan y aumentar la absorción de agua en la etapa de amasado, únicamente por cambios físicos, sin producir ningún efecto de enriquecimiento. Se considera que el almidón alterado y la pequeña cantidad de dextrina son los que retardan el envejecimiento y ayudan a retener la humedad.

d) Patatas.- La utilidad de las patatas se basa, en parte, en las sustancias nitrogenadas que contienen en pequeñas cantidades, las cuales estimulan la acción de la levadura (la asparragina, que está presente en las patatas, es un potente estimulante enzimático). Pero lo más importante es que la fé-

cula de las patatas hervidas es un acumulador de agua muy eficaz, que no tiene la adhesividad propia del engrudo de harina. Se pueden utilizar cantidades de hasta un 5% sin afectar seriamente el volúmen del pan, aunque el color si puede sufrir modificación.

2.8. Azúcar

El azúcar principal que se utiliza en panificación es la sacarosa y existen otros tipos que son:

a) Dextrosa o azúcar de maíz.- La dextrosa o azúcar de -- maíz se hace de almidón de maíz. El proceso de manufactura involucra la hidrólisis del almidón de maíz con un ácido, convirtiéndolo primero a dextrina y luego a dextrosa. La dextrosa es aproximadamente como un 75% de azúcar granulada (sucrosa) y se usa primeramente para que la levadura trabaje en la masa. Algo de dextrosa es directamente fermentado por la levadura y se usa para aumentar la velocidad de fermentación.

b) Azúcar de leche (lactosa).- La lactosa es azúcar de leche, ésta está presente en la leche fresca y leche descremada. Aunque en los panes hechos en poca cantidad no se usa la lactosa como un ingrediente separado para añadirse a las recetas, debería recordarse que la lactosa en la leche y productos lácteos imparte sabor y dulzura adicional al producto.

c) Azúcar de malta (maltosa).- El azúcar de malta está -- presente en el jarabe de malta usado en los productos de panificación y añade dulzura al producto. En muchas ocasiones se

usa la maltosa, en panes y panecillos duros.

d) Azúcar invertido.- El azúcar invertido se hace de sacarosa hirviendo con ácido diluido o pasando la sacarosa a través de un sistema de intercambio iónico. El resultado es una mezcla de proporciones iguales de dextrosa (glucosa) y levulosa (fructuosa) la cual es notablemente más dulce que la sacarosa. El azúcar invertido se usa principalmente por su habilidad de absorber humedad por lo que ayuda a conservar bien el pan.

e) Mieles y melasas.- Varios tipos de miel y melasas líquidas y secas están disponibles, y producen sabor, color y humedad al producto.

Usos del azúcar.

El azúcar sirve para los siguientes propósitos en la producción de productos horneados. 1) Da la dulzura necesaria en los pasteles; 2) sirve de alimento para la levadura en la fermentación; 3) se usa en la preparación de una variedad de capas de azúcar para los productos horneados; 4) ayuda en el batido de los procesos de amasado; 5) produce buena fibra y textura en el producto; 6) ayuda en la retención de humedad y prolonga la frescura; 7) da un buen color a la corteza del pan; y 8) añade valor nutricional al producto.

III. PROCESO DE PANIFICACION

3.1. Producción de la Masa

Generalmente se admite que la calidad y estructura del pan depende en gran medida de la masa en sí; ningun pan puede salir bien si no se ha acondicionado correctamente la masa.

La mezcla íntima y el acondicionamiento correcto de la pasta exigen la absorción correcta del agua para que sea factible una buena masa. Esta dará un pan de calidad superior a otro -- pan confeccionado con una masa que ha sido acondicionada defectuosamente.

El tiempo de amasado varía con el tipo de máquina y la cantidad de masa que se hace con ella.

Se considera que el acondicionamiento del gluten es la parte más importante del amasado, pues, no solamente se trata de la cantidad de gluten afectado, sino que también se modifica la calidad. La razón de ello es que las proteínas que constituyen el gluten quedan afectadas coloidalmente en sus facultades para embeber, de manera que se produce una ligazón mayor y se obtiene mayor cantidad de gluten.

Existen dos modos principales de preparación de la masa:

- 1) Método de amasado directo. En este método todos los ingredientes se añaden de una sola vez, este es un método popular especialmente para hacer pan en pequeñas cantidades.
- 2) Método de esponjamiento y amasado. Este método tiene dos -- etapas:

- a) Toda la levadura, el 50% de la harina y el 60% del agua se mezclan y se dejan fermentar o "esponjar" entre 1 y 16 horas.
- b) La masa se hace mezclando el resto de los ingredientes, y tras un segundo y breve período de fermentación, es dividido y amasado.

3.2. Fermentación

Las bacterias, enzimas y hongos desempeñan un papel muy importante en panificación, ya que toda la fermentación es realizada por ellos. La fermentación de la masa es la consecuencia de las alteraciones producidas por la acción de las enzimas presentes, naturalmente, en la harina; por las sustancias añadidas a la masa como mejoradores y también por la levadura.

Fermentación es una designación general que abarca procesos aerobios y anaerobios realizados por microorganismos, e incluye la producción de alcoholes, ácidos y reacciones similares.

Para la acción bacteriana son necesarios los siguientes factores:

- a) Temperatura adecuada (21-32°C).
- b) Presencia de humedad.
- c) Nutrición adecuada (generalmente sustancias nitrogenadas y sales minerales).

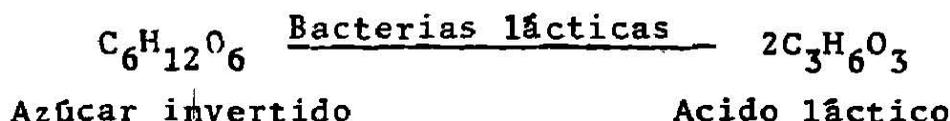
Las actividades bacterianas que con más facilidad pueden darse durante la fermentación de la masa son las producidas --

por las bacterias lácticas, acéticas y butíricas.

3.2.1. Fermentación láctica.

Es primordialmente la fermentación por medio de la cual la leche se agria y es un proceso químico muy sencillo. Esta alteración también se produce en la fermentación normal de la masa.

Por hidrólisis de un azúcar del tipo lactosa o azúcar de caña, se forma primeramente lacto-glucosa o bien azúcar invertido y después éste azúcar se degrada a ácido láctico, según la ecuación:



La temperatura óptima para la fermentación láctica es de unos 35°C y a la temperatura normal de la fermentación de la masa por la levadura, los basilos lácticos actúan lentamente.

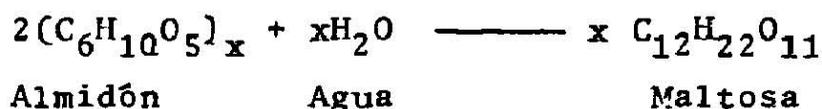
Es necesaria una cantidad apropiada de ácido, ya que la levadura necesita un ambiente ácido, y el pH de la masa, por regla general se ajusta entre 5.2 y 6.2. Además, el ácido favorece la maduración del gluten y aumenta su elasticidad. Demasiado ácido provoca el que la masa se pase y, por último, que adquiera un sabor ácido.

3.2.2. Fermentación butírica.

Una vez establecida en la masa la fermentación láctica, el ácido láctico o sus sales pueden ser objeto del ataque por

mentación del azúcar contenida en ella. Parte de la azúcar -- (principalmente sacarosa) la contiene la harina; de un 2 a --- 2.5% del peso de la misma. Gran parte del azúcar (maltosa y - glucosa) se forma durante el proceso de fermentación en la mis ma masa como resultado de la descomposición hidrolítica del al midón por los fermentos amilolíticos.

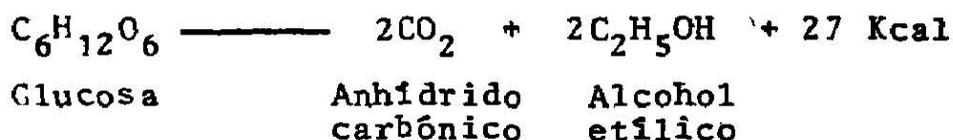
La hidrólisis del almidón transcurre según la ecuación si guiente:



Durante la hidrólisis fermentativa del almidón junto con la maltosa se obtiene una pequeña cantidad de glucosa y dextri nas. La maltosa bajo la influencia del fermento maltasa, con tenido en la levadura, se desintegra en dos partes de glucosa; la que más tarde será fermentada.

Como resultado de la desintegración fermentativa del almi dón, en la masa se forma cerca del 4% de azúcar de reducción - (principalmente maltosa), calculado por el peso de la harina, es decir, dos veces más, aproximadamente del azúcar que ~~cont~~ nía la harina.

La fermentación del azúcar en la masa transcurre según la ecuación siguiente:



De esta ecuación se deduce, que de la fermentación de una

molécula-gramo de glucosa (180 gr) se forman dos moléculas-gramo de anhídrido carbónico (88 gr) y dos moléculas-gramo de alcohol etílico (92 gr). Al mismo tiempo se desprenden cerca de 27 Kcal de calor.

El anhídrido carbónico levantará y esponjará la masa, haciéndola porosa, por lo que el pan cocido tendrá una miga elástica bien esponjada y porosa. En la porosidad del pan, no solo se tiene en cuenta el volúmen de los poros, sino también su estructura, el grado de homogeneidad, las dimensiones y el grosor de las paredes que las limitan, etc.

El alcohol junto con el anhídrido carbónico participa parcialmente en la mullición de la masa (durante el cócimiento -- del pan), pero la principal importancia del alcohol consiste en que él, junto con otras sustancias que se forman en la masa durante la fermentación, participa en el sabor y el aroma del pan. La fermentación alcohólica no va acompañada solamente de la formación de alcohol etílico y anhídrido carbónico, sino de una serie de otros subproductos más (en pequeña cantidad) en forma de ácido succínico, acético y otros, glicerina, alcohol propílico, primario e isobutílico y dos alcoholes amflicos. Durante el proceso de cócimiento cuando la temperatura en el interior del pan crece gradualmente casi hasta 100°C, todas estas sustancias entran en interacción mutua, produciendo ésteres compuestos y otras sustancias aromáticas. A estos compuestos se agregan otras, en primer lugar los procesos de forma---ción de melanoidinas, que juegan un papel sumamente importante en la creación del aroma específico del pan.

Tabla 2. Enzimas implicadas en la producción de pan y la digestión de los alimentos.

Grupo de enzimas	Función	Miembros de la serie	Origen de las enzimas
1. Amilasas	a) Conversión de pastas de almidón en almidón soluble. b) Conversión de almidón soluble en maltosa y dextrinas.	Diastasa con α -amilasa y β -amilasa Ptyalina	Productos malteados y granos crudos Salvia
2. Proteinasas	Conversión de proteínas insolubles en solubles y peptonas	Pepsina Tripsina Proteínas y Peptidasas Papaina	Jugo gástrico Jugo pancreático Cereales Piña de América
3. Invertasas	Inversión de sacarosa a dextrosa y lebulosa Inversión de maltosa a glucosa	Invertasa Maltasa	Levadura Levadura
4. Zimasas	Conversión de azúcar en alcohol y anhídrido carbónico	Complejo zimasa	Levadura
5. Coagulantes	Coagulación de proteínas	Rennina	Jugo gástrico Estómago de ternera
6. Lipasas	Hidrólisis de grasas a ácidos grasos, determinado el enranciamiento	Lipasa	Germen de trigo Avena

que la levadura pueda mantener plena producción de gas en las últimas etapas del proceso, particularmente en el período de maduración final.

El contenido natural de α -amilasa de la harina de trigo sano es, con frecuencia, inadecuado, y en estas circunstancias se producen dos resultados desfavorables: el resultado que queda después de la acción de la β -amilasa sobre la amilopectina, conocido como dextrina límite β , se dice que tiene un efecto depresor en el volumen del pan y en el esponjamiento en el horno; y, posiblemente más importante, la producción de gas en las últimas etapas de la fermentación es inadecuada por la escasez de azúcares sobre los cuales tiene que actuar la levadura. El primer efecto podría ser también el resultado de una cantidad excesiva de almidón alterado en la harina.

Para decidir si los distintos factores están equilibrados, se acude a las pruebas de producción de gas, de actividad de α -amilasa y de almidón alterado. Si se encuentra necesario incrementar la actividad de la α -amilasa, el fabricante de harina o el panadero pueden elegir entre la harina de malta y amilasa de hongos.

La β -amilasa produce maltosa tanto de la amilosa como de la amilopectina, por el sistema de desprender pares consecutivos de moléculas de glucosa de los terminales de las cadenas. La levadura puede así utilizar la maltosa para producir gas. La acción de la β -amilasa sobre la cadena de amilopectina cesa cuando encuentra un punto ramificado. Los enlaces entre molé-

culas de glucosa en estos puntos son de tal naturaleza que no pueden ser rotos por la β -amilasa. Normalmente hay suficiente actividad β -amilásica en la harina, pero se estima que la cantidad de maltosa que es capaz de producir está limitada por la cantidad de almidón alterado y por el número de cadenas finales y puntos de ramificación en las cadenas de amilopectina -- del almidón alterado.

b) Proteinasas. Las proteinasas son enzimas que actúan sobre las proteínas y sus derivados. En la fermentación tienen su papel en la maduración del gluten. Los productos de malta contienen una cantidad de enzimas proteolíticas, y por esta razón es por lo que se utilizan como coadyuvantes en la madura--ción de las harinas fuertes. También por esta propiedad de -- los trigos germinados es por lo que la harina de estos trigos da masas que pierden estabilidad a medida que fermenta.

c) Invertasa. Está presente en la levadura y es capaz de desdoblar el azúcar de caña en una mezcla de dextrosa y levulosa, que se llama azúcar invertido.



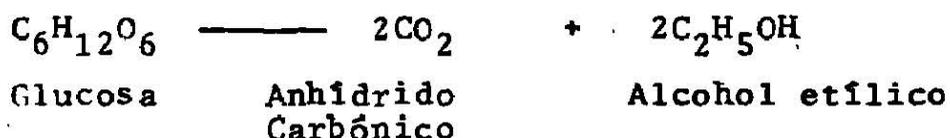
Esta enzima esta localizada en la superficie de la célula y el azúcar de caña se desdobla en cuanto se encuentra en las condiciones requeridas.

Es interesante señalar que la acción de la invertasa es de una rapidez unas 300 veces superior al sistema completo de fermentación, de modo que, siempre que la levadura encuentre -

suficiente sacarosa, nunca habra escasez de monosacáridos.

La enzima maltasa que desdobla la maltosa en dos moléculas de glucosa, parece estar localizada en regiones más profundas de la célula de levadura y, por tanto, la maltosa ha de penetrar en el interior antes de que pueda desdoblar, mientras que la sacarosa reacciona en la superficie.

d) Zimasa. La zimasa es capaz de convertir el azúcar en anhídrido carbónico y alcohol. La reacción principal está expresada en la ecuación:



Hoy se sabe que no es la zymasa la única responsable de la producción de gas en la masa, sino que es probablemente el resultado de la acción de 14 enzimas y coenzimas. Por esta razón se suele hablar hoy de "complejo zimasa".

Además de la producción de anhídrido carbónico y alcohol, se producen también glicerina y ácido succínico.

e) Lipasa. La lipasa se encuentra en el germen de trigo y en los productos de avena y es la responsable del enranciamiento de las materias crudas y de los productos obtenidos de ellas.

f) Enzimas microbianas. Las enzimas microbianas que se fabrican industrialmente están restringidas, por hoy, a la invertasa, amilasas y proteasas de diversas bacterias y hongos, y las pectinasas de hongos.

Las enzimas de hongos que están en producción, son activas principalmente en una dirección; ideales, por tanto, para ser utilizadas en panificación cuando se necesita una acción selectiva. Así, si se precisa solamente actividad α -amilásica, ésta será cumplida por una enzima de hongos, mientras que si se hubiera utilizado, como hasta ahora, un producto de malta, se habría incrementado tanto la α como la β -amilasa. Estas enzimas están demostrando ser de gran eficacia, no solamente por su acción específica, sino también por la facilidad de su uso.

3.2.6. Afinado.

Al afinar la masa se eliminan los productos de desecho y se acondiciona el gluten, haciéndolo más elástico y capaz de producir un pan mejor y con estructura más uniforme. Además se uniformiza la temperatura de la masa en todo el conjunto.

Este afinado no se debe hacer en las primeras etapas de la fermentación, ya que entonces tiene poco efecto en la estructura del pan terminado. El momento adecuado en la mayoría de los procedimientos es justamente una hora antes de dar por terminada la fermentación. Si una masa progresa demasiado rápido, no se le debe afinar, ya que esto solamente aumentara la extensibilidad de la masa y favorecerá el que ésta se pase de punto; no obstante, en caso de apuro puede ser aconsejable siempre que se pueda refrescar la masa y añadir más sal.

3.2.7. Maduración final.

La maduración final es, con toda terteza, el período más

importante del proceso de fermentación. Esta no es otra cosa que la producción de gas en la última etapa de la manipulación y tiene por objeto dar volumen a la pieza.

En todas las instalaciones es necesario que toda la masa que se prepara sea la adecuada para la cámara de maduración, y ésto solo se puede conseguir ajustando la cantidad de levadura de modo que produzca un estado de maduración tal que admita -- los efectos de la división y el meoldeo y asegure una produc-- ción adecuada de gas en el tiempo (50 minutos aproximadamente) que ha de permanecer en la cámara del vapor.

La temperatura de la cámara (32-35°C) se determinará se-- gún las condiciones de la panadería y del sistema de fermenta-- ción que se utiliza. La temperatura de 32°C asegurara una ma-- duración natural. Las piezas de masa ganarán aproximadamente 1.5°C si la cámara se mantiene a 32-35°C.

La humedad relativa ideal en la cámara se considera en -- 85%. Demasiado vapor puede ser origen de dificultades, ya que no solamente se sobrecalienta la cámara, forzandose la fermen-- tación, sino que se estropea la piel de la pieza y en su super-- ficie aparecen vejigas durante el horneado. El vapor debe con-- trolarse de tal modo que la piel de la masa se conserve hume-- dad pero no mojada.

3.2.8. Modificaciones físicas y químicas durante la fermentación.

3.2.8.1. Amasado tradicional.

El procedimiento de amasado tradicional es el más generalizado, debido principalmente a que la masa se hace de una vez

Cualquiera que sea el procedimiento, es necesario utilizar buena harina y buena levadura. La sal no es un factor muy variable, y el agua, no afecta las cualidades del pan producido, siempre que se haya adaptado el proceso al tipo de agua disponible.

El tipo de harina a utilizar debería depender de la duración del procedimiento seguido. Sin embargo, hoy se utiliza normalmente una cantidad de harina estandar; pero aún dentro de esta calidad hay variaciones apreciables que deben analizarse cuidadosamente.

1) Modificaciones físicas.

Durante la fermentación de la masa, se producen en ella modificaciones que se hacen notar, no solamente en la masa mientras fermenta, sino que se reflejan también en el pan terminado y especialmente en la jugosidad y propiedades de conservación de la pieza.

a) Variación de la temperatura.- La primera modificación física a considerar es la elevación de temperatura de la masa. En cualquier caso, la cámara en que tiene que fermentar la masa debe estar libre de corrientes de aire, que son más efica-

ces en producir pérdidas de calor que la exposición simple a una atmósfera fría. Debe disponerse lo necesario para que la diferencia de temperatura entre la masa y la cámara misma no sea apreciable.

La levadura trabaja mejor para fermentar la masa del pan a 26.5°C y solo se agota y estropea la masa y el pan cuando ha trabajado a temperaturas superiores. Mientras fermenta la masa y debido a la actividad de la levadura, se producen reacciones químicas, liberándose calor en su interior. En los procesos de 3 a 4 horas de fermentación, la temperatura de la masa subirá de 1.4 a 1.9°C .

En los procesos largos, sin embargo, el calor se libera lentamente y se acumula, por consiguiente, la temperatura de la masa en conjunto sube y a las 10 horas, momento en que la masa está a punto para la división, se observa que la temperatura ha subido a unos 26.5°C . Esto ocurre porque el calor producido en la masa ha elevado su temperatura por encima de la de la cámara. En tiempo caluroso se puede controlar la temperatura mezclando en la misma masa hielo picado, aprovechando así el calor latente como medio de ajuste.

b) Variaciones en la consistencia de la masa.- Otro cambio físico que se produce en todas las masas es el ablandamiento debido a variaciones en la elasticidad y plasticidad. Estas variaciones se pueden medir por medio de los aparatos comprobadores de masas y son debidas a alteraciones en las condiciones internas de la misma por la fermentación. Entre estos-

aparatos se tiene el alveógrafo, el farinógrafo y el extensógrafo.

c) Pérdida de humedad.- Durante la fermentación también se pierde humedad y si la masa se cubre con sacos ésta pérdida aumenta a causa de la absorción que produce el saco. Si se utilizan cubiertas, se deben extender tirantes por encima del recipiente. Ahora se utilizan mucho las cubiertas de polietileno.

d).- Cambios de color de la masa.- Recién hecha la masa tiene un color relativamente oscuro, si se cociera entonces, el pan tendría un color verdoso peculiar. A medida que prosigue la fermentación el color de la masa se pone más brillante y se produce una estructura sedosa cuando la maduración llega al punto óptimo. Con harina de buena calidad, el color debe quedar blanco crema. Si la fermentación pasa de este punto, la masa y el pan a que dá lugar son más blancos, pero gradualmente se va imponiendo un tinte grisáceo y si la fermentación continúa demasiado tiempo, el pan producido presentará una miga de color muy oscuro.

e) Maduración y volúmen.- Para producir pan bien cocido y con estructura perfectamente homogénea, es preciso que la masa esté ablandada de tal modo que cuando la levadura produce el gas carbónico por fermentación de la azúcar, las burbujitas gaseosas queden incluidas en pequeñas celdillas producidas entre la fina trama de la masa. Esta trama se produce solamente a causa de la presencia del gluten. Cuanto más madura está la masa, más fina y sedosa es esta trama, y cuando la masa esta -

madura las condiciones estan a punto para que se produzca el mayor número de estos hilillos.

f) Maduración escasa.- Si la masa no ha llegado a madurar, el gluten no se ha ablandado por falta de tiempo o porque las condiciones no eran adecuadas, y por consiguiente, al producirse el gas y aumentar la presión en la masa, a veces se rompen las paredes de las celdillas y se forman huecos alargados por romperse la trama, que no es fina y elástica.

g) Maduración excesiva.- Si se deja pasar el gluten de su punto de maduración, el gluten se ablanda excesivamente. El resultado es que la trama de hilillos sedosos existe pero ha perdido su elasticidad, de modo que si se le aplica una pequeña presión o esfuerzo, se rompen por ser incapaces de estirarse más. Este estado se observa tomando con la mano un trozo de masa, si ésta se desprende muy fácilmente, es que se ha "pasado". El pan que se produce con masa muy pasado puede tener poco volumen, pero si el punto se ha pasado ligeramente, el volumen puede ser excesivo. Mucho más importante es el hecho de que una pieza de estas se desmorona al corte pues la estructura de la miga ha perdido su coherencia. En otras palabras, se ha desnaturalizado y no se puede mantener unida ante la presión de un filo porque el gluten ha perdido su elasticidad.

2) Modificaciones químicas.

Los cambios químicos que se presentan en una masa tradicional se encuadran bajo dos títulos: transformaciones en el azúcar de la harina y 2) modificaciones en las proteínas de la-

harina.

a) Transformaciones en el azúcar.- La levadura tiene el complejo zimasa, que es capaz de convertir el azúcar (maltosa) en anhídrido carbónico y alcohol. Esto, probablemente ocurra al principio, al hacer la masa, pues siempre esta presente una pequeña cantida de maltosa.

La levadura tiene otra enzima, la invertasa, que transforma el azúcar de caña presente en la harina en azúcar invertido, el cual a su vez, puede ser transformado fácilmente por la levadura. En cuanto empieza la fermentación, se crea azúcar invertido que se puede convertir por la zimasa en anhídrido carbónico y alcohol.

La α -amilasa que tiene la harina transforma el almidón en maltosa mientras fermenta la masa y constituye un suministro suplementario del cual se puede alimentar la levadura.

a) Dextrosa $\frac{\text{Enzima}}{\text{Complejo zimasa}}$ Anhídrido carbónico + Alcohol

b) Azúcar de caña $\frac{\text{Enzima}}{\text{invertasa}}$ $\frac{\text{Dextrosa} + \text{Levulosa}}{\text{Azúcar invertido}}$

Azúcar invertido $\frac{\text{Complejo zimasa}}{\text{Complejo zimasa}}$ $\text{CO}_2 + \text{Alcohol}$

c) Almidón $\frac{\text{Diastasa}}{\text{Diastasa}}$ Maltosa + Dextrinas

Maltosa $\frac{\text{Maltasa}}{\text{Maltasa}}$ Dextrosa

Dextrosa $\frac{\text{complejo zimasa}}{\text{complejo zimasa}}$ Anhídrido carbónico + Alcohol

Otra actividad química es la transformación de azúcar en ácido. Una parte del azúcar de la masa es transformado por --

las bacterias lácticas en ácido láctico, la cantidad de ácido láctico producido depende del tiempo que transcurre mientras fermenta la masa. En una masa de proceso corto esta cantidad es muy pequeña, pero en las masas de 10 horas se producen cantidades considerables que ablandan el gluten.

Mientras actúa la levadura, se producen simultáneamente otras dos sustancias que son: la glicerina y el ácido succínico. Además, algo del alcohol producido se transforma en ácido acético; aproximadamente el 5% de la acidez total de la masa se debe a este ácido.

b) Transformaciones en las proteínas.- En la masa, además del gluten, también hay cierta cantidad de proteínas solubles, una parte de las cuales se convierte en peptonas bajo la acción de las enzimas proteolíticas, durante la fermentación de la masa. Estas peptonas son utilizables como alimento de la levadura.

Las proteínas insolubles del gluten no quedan inalteradas durante la fermentación. La importancia del cambio de las proteínas insolubles, tanto desde el punto de vista físico como del químico, determina el grado de maduración de la masa.

La incorporación de productos de malta aumenta las modificaciones proteolíticas y puede ocurrir una proteólisis excesiva que trae consigo una modificación profunda del gluten y como consecuencia, se pierda la resistencia mecánica.

En la Tabla 3 se muestra el papel de cada constituyente de la masa en la maduración de la misma.

Tabla 3. Transformaciones en las masas tradicionales de corta y larga duración.

Constituyentes de la masa	Constituyentes de masas muy cortas (hasta tres horas de fermentación).	Constituyentes de masas de fermentación prolongada.
Almidón	Almidón	Almidón
Gluten	Gluten (una parte muy pequeña se ablanda) Proteínas solubles (muy poco)	Mucho gluten se ablanda y se solubiliza la proteína
Proteínas solubles	Peptonas	Peptonas
Azúcar	CO ₂ Alcohol Acido láctico(muy poco)	CO ₂ Alcohol Acido láctico (cantidades considerables) Acido acético Acido succínico y glicerina.
Levadura	Levadura (más)	Levadura (más)
Sal Sales minerales de la harina	Sal Menos (la levadura las utiliza como alimento)	Sal Menos
Aceite de la harina	Aceite	Aceite
Agua	Agua	Agua
Acidez natural(láctico)	Acidez(ligero aumento)	Acidez (mayor)

3.2.8.2. Procedimiento con esponja.

1) Transformaciones físicas.

Las transformaciones físicas son las mismas que se presentan en el amasado tradicional.

2) Transformaciones químicas.

Los cambios que se producen en la esponja, desde el punto

de vista del aspecto y sabor de la esponja cuando está lista, son muy definidos, pero químicamente son tan complejos que nada concreto se sabe sobre ellos.

A medida que madura, la esponja se ablanda considerablemente y de una masa blanda se convierte en una crema glutinosa y espesa. Al hacer la masa de pan, esa crema glutinosa se distribuye uniformemente por toda la harina y agua.

El azúcar de la harina disminuye mucho, debido a que se produce gran cantidad de gas y por consiguiente se consume mucho azúcar durante el proceso. Es costumbre añadir, de una forma u otra, azúcar a la masa para compensar la gran cantidad consumida en la esponja; de no actuar así, el pan será de pequeño volumen a causa de la escasez de azúcar disponible para la producción gaseosa en la etapa de maduración final.

Las proteínas de la harina, tanto solubles como insolubles, se alteran notablemente. Las proteínas solubles se transforman en compuestos más simples y las insolubles se convierten parcialmente en proteínas solubles.

La actividad enzimática de proteólisis aumenta con el tiempo que la esponja permanece en reposo, y cuando está a punto, la actividad parece estar al máximo.

La levadura también aumenta durante este tiempo, y en las transformaciones de proteína solubles a peptonas encuentra un abundante suministro de alimento, de modo que se reproduce y conserva gran vitalidad. Además, se produce alcohol junto con muchos derivados del mismo y los ácidos de rigor. A medida

que transcurre el tiempo de fermentación de la esponja, su acidez aumenta, se producen los ácidos láctico, acético y trazas de butírico; éste último se combina con el alcohol muy rápidamente. Las combinaciones de alcoholes con ácidos se llaman ésteres. Estas sustancias son las que dan sabor a todos los frutos, de modo que el olor fresco de manzanas que tiene la esponja madura es debido a estas sustancias, y el sabor esta muy -- influenciado por una combinación del alcohol etílico con el -- ácido acético (acetato de etilo).

En una esponja rápida, los cambios que se producen no son tan intensos, en primer lugar a causa del corto tiempo que esta en reposo. No obstante, se producen alteraciones definidas que constituyen una ventaja en la fermentación posterior de la masa. La principal ventaja es la aclimatación de la levadura a un medio semejante a aquel en que ha de actuar después.

En la Tabla 4 se muestran las transformaciones de cada -- constituyente y del grupo de constituyentes en conjunto.

Es conveniente mencionar que, como resultado de las transformaciones enzimáticas que se operan en el gluten de una esponja, la masa madura antes y la miga del pan que se obtiene -- posee una suavidad que es única. Este pan se deshace muy fácilmente en la boca y se disuelve sin esfuerzo, pero tiene un sabor característico, por el cual es necesario adquirir un sentido del gusto antes de que se pueda disfrutar de él por completo.

Tabla 4. Transformaciones en esponjas y masas con esponja.

Constituyentes de la masa	Constituyentes de la esponja muy rápida	Constituyentes de la esponja y masa
Almidón	Almidón	Almidón
Gluten	Gluten (parte se ha ablandado y algo -- afectado enzimática <u>mente</u>) Se producen protei <u>mas</u> solubles que -- sirven de alimento-- para la levadura.	Gluten (más cantidad ablandada y <u>mucho más</u> afectado enzimática-- <u>mente</u>) Se producen protei <u>nas</u> solubles que sirven - de alimento para la - levadura.
Proteínas solubles	Peptonas	Peptonas en mayor can <u>ti</u> dad, algunas provi <u>e</u> nen del gluten.
Azúcar	CO ₂ Alcohol Acido láctico Acido acético(cantidad muy pequeña) Acido succínico(gliceri <u>na</u>)	CO ₂ Alcohol Acido láctico (canti <u>dad</u> es considerables) Acido acético (más) Acido succínico, gli <u>ce</u> rina, ésteres, ace <u>t</u> ato de etilo y otros que dan sabor a la <u>es</u> ponja y al pan.
Levadura	Levadura(más)	Levadura (más)
Sal	Sal	Sal
Sales minerales	Menos (la levadura las utiliza como alimento)	Menos
Aceite de harina	Aceite	Aceite
Agua	Agua	Agua
Acidez natural	Acidez (mayor)	Acidez (<u>mucho mayor</u>)

3.3. Horneado

3.3.1. Cambios físicos y químicos durante el horneado.

Cuando se utiliza vapor de agua, al entrar el pan en el horno se condensa el vapor en la superficie del pan y se produce una expansión en la masa. Al elevarse la temperatura de la pieza, la levadura trabaja más rápidamente y da más cantidad de gas, produciendo lo que se llama "crecido en el horno". Más allá de 42°C, las células de levadura se inactivan, y cuando el centro de la masa ha alcanzado los 54.5°C, toda la levadura ha muerto. Luego se suceden otros fenómenos; al ir subiendo la temperatura de la pieza, algunas celdillas de almidón van reventando y comienzan a gelificarse y las alfa y beta amilasas entran en función para dar maltosa y dextrinas. Esto continúa hasta que se alcanza una temperatura de 76.5°C, en que se paraliza ésta acción.

A la temperatura de 50°C comienzan los procesos de desnaturalización y coagulación de las proteínas del gluten y continúan cada vez con más rapidez hasta los 80°C. Por lo que se refiere a la consistencia del pan, esto no se suele apreciar hasta que se ha alcanzado una temperatura de 74°C. El vapor de agua y el alcohol escapan del interior de la pieza, la superficie pierde gran parte de su humedad y empieza a formarse corteza. A medida que progresa la cocción, se va evaporando agua y a 110-120°C se producen dextrinas amarillas y éstas pasan a dextrinas pardas y a caramelo, para adquirir el color verdaderamente pardo a 160°C. El color pardo oscuro se produce a tem

peraturas superiores a los 200°C.

3.4. Enfriamiento

Los factores que se refieren a las variaciones de temperatura y humedad atmosférica son de una importancia considerable, ya que afectan a la temperatura interior de la pieza y al carácter de la corteza y propiedades de conservación.

El pan sale del horno con su miga a una temperatura ligeramente inferior a 100°C y con un 45% de humedad en su centro. La corteza está más caliente pero mucho más seca (1-2% de humedad) y se enfría rápidamente. Durante el enfriamiento la humedad se mueve desde las partes internas hacia la corteza y de ésta a la atmósfera. Si la humedad que contiene la corteza aumenta considerablemente durante el enfriamiento, ésta se vuelve correosa y viscosa con lo que se pierde la fragilidad y encrespadura que caracteriza al pan recién obtenido.

Si la desecación es muy intensa durante el enfriamiento se produce pérdida de peso y de las características de la miga, por lo que debe procurarse rebajar la temperatura sin que se produzca mucha pérdida de humedad. Esto puede conseguirse sometiendo los panes a una contracorriente de aire acondicionado a unos 21°C y 80% de humedad relativa.

Otro aspecto que se debe cuidar durante el enfriamiento del pan, es la limpieza. El polvo atmosférico en la panadería transporta invariablemente esporas de hongos, y si éstas se depositan en el pan mientras se enfría, pueden germinar, desarro

llandose moho en la superficie del pan después de empaquetado y almacenado.

3.5. Empacado

Las envolturas que se emplean para empacar el pan se conocen con el nombre de papel parafinado, celofan y polietileno; éstas pueden ser en forma de papel o de bolsas.

4. ENVEJECIMIENTO DEL PAN

El envejecimiento del pan es, naturalmente, de capital importancia para los panaderos. El pan comienza a envejecer a las pocas horas de salir del horno.

La sequedad asociada con el pan duro no tiene ninguna relación con la cantidad de humedad que realmente existe en el pan. Es decir, la sensación de suavidad y la cantidad real de humedad presente, no tiene ninguna conexión. Esto se comprobó encerrando herméticamente un trozo de pan en un tubo de vidrio, de modo que el agua no se pudiera evaporar, el pan se puso duro a pesar de ello, como si no se hubiese tomado esta medida. No obstante, si el tubo se colocaba en agua caliente, el pan se rejuvenecía. Esto se puede repetir una y otra vez mientras no se desarrollen mohos.

Se han hecho muchos intentos para producir pan que no se ponga duro, pero por ahora no se han tenido resultados realmente satisfactorios.

4.1. Procedimientos Utilizados para Evitar el Endurecimiento

La gran mayoría de los intentos que se hicieron en el pasado para controlar el endurecimiento se limitaron a la utilización de sustancias que actuaban en el pan terminado, como conservadoras de la humedad. El endurecimiento no depende de la cantidad de humedad presente, es decir, la pérdida de 2-3% de humedad no puede ser responsable de la sequedad o solidez

que presentan las diferentes variedades de pan duro.

Whymper hizo notar que, si examinamos las propiedades de varias sustancias en relación con la cantidad de humedad que contienen, se verá que la consistencia o firmeza, en contraposición a blandura de una estructura, no es un medio seguro de juzgar la humedad presente, y que los cuerpos sólidos poseen propiedades que van desde las que los hacen aparecer como secos hasta los verdaderamente mojados, y, no obstante, tienen la misma cantidad de humedad.

La humedad y la sequedad, tal como se aplica al pan, así como hasta que punto éste está duro o reciente, son sensaciones que se transmiten a los sentidos por contacto con la piel y el paladar. Estos términos no son absolutos, sino comparativos, y aún así no indican necesariamente la posesión de las cantidades correspondientes de agua, como se demuestra por el análisis.

Las sustancias que se añaden para intentar retener más humedad en la pieza o para mejorar la jugosidad de la miga, son las siguientes: jarabe de glucosa, dextrina comercial, harina de malta, extracto de malta, emulsiones, emulgentes, harina de soja, patatas escaldadas, grasa y productos lácteos y sus emulsiones. Se han probado también, y con bastante éxito, combinaciones de estas sustancias como medio para prolongar la frescura aparente del pan. La manteca de cerdo es la mayor grasa para este objeto, y los preparados de suero son los mejores entre los productos lácteos.

Con estas adiciones, en la mayoría de los casos no se modifica en absoluto el verdadero envejecimiento, pero se prolonga el estado aparente del pan de ser reciente, lo cual, desde el punto de vista comercial, es de lo más importante. Si se consiguiera siempre una fermentación correcta, el pan se mantendría fresco durante más tiempo, pero en vista de que gran parte del pan del comercio no está fermentado correctamente, la utilización de estos preparados ayuda a la obtención de un pan con miga mejor acondicionada, capaz de conservar su frescura aparente durante más tiempo.

Se puede decir que el pan ha envejecido cuando la miga está seca y se desmorona, exige mucha saliva para deglutir y nota la sensación de que se disuelva a su paso por la boca. Estas particularidades del envejecimiento se suman a las del sabor, que en el pan reciente puede calificarse de dulce, y en el pan envejecido de insípido.

El problema del envejecimiento del pan presenta varios factores. Los aspectos principales del envejecimiento del pan se pueden subdividir como sigue:

- 1.- Envejecimiento de la corteza.
- 2.- Envejecimiento de la miga, que incluye:
 - a) Envejecimiento químico.
 - b) Aparición del endurecimiento.

Estos dos últimos se pueden considerar como envejecimiento físico, que depende del químico, pero que aparece en una etapa posterior.

- 3.- La cualidad de conservación es afectada por el envejeci---

miento de los modos siguientes:

- a) Pérdida de aroma y sabor.
- b) Aparición en el paladar de la sensación de sequedad.
- c) Dureza verdadera, facilidad para desmoronarse la miga y estado de la misma en el momento de consumirlo.

4.- Pérdida de humedad. Este es importante solamente cuando el pan tiene ya varios días.

4.1.1. Envejecimiento de la corteza.

Es motivada por higroscopicidad de la corteza. La presión del vapor de agua pura, de modo que el agua se evapora fácilmente de la corteza al ambiente y es retenido parcialmente por la corteza, si no hay una ventilación adecuada en el almacén. Esto produce una corteza blanda y húmeda, frecuentemente correosa, y el sabor queda perjudicado.

La causa principal del envejecimiento rápido de la corteza resulta, en la práctica, del almacenamiento en malas condiciones; esto es, almacenamiento en atmósfera húmeda, con ventilación no adecuada. Lo mismo puede ocurrir si el pan se envuelve antes de haberse enfriado suficientemente.

Es necesario controlar la humedad durante el almacenamiento del pan, pues si la humedad relativa supera el 75%, algo de humedad es absorbida por el pan. Las variaciones de temperatura también pueden producir dificultades, ya que un rápido enfriamiento del aire puede producir una condensación de humedad en la superficie del pan, humedad que se absorberá. Por esta razón no se ha admitido el enfriamiento rápido por medio de

ventiladores extractores. El pan debe conservarse en almacenes cuya humedad no pase de 75% ni sea menor de 65%. El aire debe circular lentamente y la humedad estar regulada asiduamente.

Los factores principales que afectan a la conservación de la corteza en estado crujiente, son:

- a) Utilización de harinas adecuadas para cada procedimiento.
- b) Fermentación correcta de la harina.
- c) Cocción correcta y desecación correcta de la corteza.
- d) Condiciones de almacenaje del pan.

4.1.2. Envejecimiento de la miga.

J. R. Katz y otros investigadores han demostrado que en el envejecimiento del pan se producen alteraciones en la molécula de almidón y que la proteína es afectada principalmente por el agua liberada por el almidón. Estas alteraciones se han podido demostrar gracias a investigaciones sobre la estructura del almidón del pan por medio de los rayos X.

Si se calienta con agua, el almidón se gelifica. Al cocer el pan no hay agua suficiente para que se gelifique completamente todo el almidón de la masa. Sin embargo, hay suficiente para producir lo que se llama "gelificación de primer grado" en cuyo estado las celdillas del almidón se hinchan fuertemente y contienen 50% de agua. Este almidón hinchado se puede considerar como la condición de todo el almidón de pan reciente. Poco tiempo después de haberse enfriado, el almidón, que-

está en un estado muy inestable, empieza a ceder parte del agua, las celdillas se encogen, se endurecen, se hacen menos elásticas y más secas. Esta es la situación en que se encuentra el pan envejecido. Al calentar el almidón reabsorbe el agua exudada y de nuevo se hinchan las celdillas, se ablandan y se hacen más elásticas y húmedas, volviendo a la situación en que estaban cuando el pan era reciente, así el pan envejecido vuelve a adquirir las propiedades del pan recién cocido.

Este proceso, como hizo notar Boussingault, es reversible y constituye un ejemplo de "sinéresis".

La retracción de las celdillas de almidón en el interior de la estructura de gluten del pan, que se produce durante el envejecimiento, ocasiona el endurecimiento y facilidad para desmoronarse que van asociados al pan envejecido. Se ha visto que la producción de pan con estructura fina y uniforme tiene una gran dependencia con el grado y rapidez del envejecimiento. Esto a su vez, indica la importancia que tiene para la producción de pan con buenas facilidades de conservación, que la masa haya sido trabajada y fermentada adecuadamente.

Las moléculas de almidón del pan tierno son principalmente del tipo alfa, de gran capacidad para ligar agua. Así pueden mantenerse en su interior grandes cantidades de agua ligada coloidalmente, dando por resultado que los gránulos estén hinchados y sean elásticos. El gluten forma una estructura que mantiene los gránulos juntos, aunque no está clara la naturaleza exacta de esta unión. A bajas temperaturas, la forma

alfa del almidón es inestable y lentamente se convierte en una mezcla de forma alfa y beta. El almidón de tipo beta tiene -- una facultad mucho menor para ligar agua, de modo que los gránulos se encogen durante el cambio y se endurecen; disminuye la elasticidad y se desecan a causa de la pérdida de agua producida en la transformación del almidón de alfa a beta. El -- agua así liberada es absorbida por el gluten.

Según esto, se producen dos alteraciones: 1) transformación química del almidón de la forma alfa a la beta, que puede estudiarse por medio de los rayos X, y 2) el proceso de sinéresis, que puede seguirse parcialmente al microscopio.

No se sabe a ciencia cierta si toda el agua liberada por el almidón es absorbida por el gluten o si se mantiene en el pan por capilaridad.

Otros factores que influyen en el envejecimiento de la masa son: el estado de la red de gluten en la masa, que es dependiente del grado de fermentación alcanzado en una determinada harina, el agua de absorción utilizada al amasar, y el grado de cocción alcanzado con la gelificación de la mayor cantidad posible de almidón.

El proceso de sinéresis, tiene lugar con intensidad variable, según a la temperatura a la que se almacena. Cuanto más baja es la temperatura, mayor es la producción de la forma más seca del almidón (conocida técnicamente como almidón beta), con la consiguiente pérdida de agua por el gel del almidón. Cuanto más elevada es la temperatura de almacenamiento, menor

es la sinéresis y más bajo el porcentaje de almidón beta producido y, por tanto, menor el envejecimiento.

El envejecimiento de la miga sólo se puede evitar o retardar, manteniendo el equilibrio químico entre las formas alfa y beta del almidón, favoreciendo la forma alfa como ocurre con el pan nuevo; de este modo se retrasa el cambio físico de la sinéresis.

Un método que se puede adoptar para retrasar el envejecimiento de la miga es reducir el contenido de almidón del pan. Este se ha hecho popular y es ésta la razón por lo que los panes pobres en almidón tienen mejores propiedades de conservación que los panes corrientes. Actualmente se puede adquirir gluten adecuado que puede añadirse en forma hidratada. Ciertas emulsiones de gluten han demostrado también ser muy eficaces.

En lo que se refiere a la pérdida de humedad por el pan después de salir del horno, Whympers extracta los resultados observados y deducidos de sus numerosos experimentos como sigue

- 1) El enfriamiento del pan tiene lugar en tres etapas.
 - a) Período de vapor, durante el cual tiene lugar la mayor parte de la desecación.
 - b) Período de condensación, durante el cual la desecación es solamente la quinta parte del período de vapor.
 - c) Período de desecación, durante la cual la velocidad de desecación es la cuarta parte del período de vapor.
- 2) La pérdida de humedad en el centro de la pieza no tiene

efecto muy marcado hasta las 100 horas, bajo condiciones or
dinarias, pero es frecuente observar un aumento antes de es
te tiempo.

- 3) Hasta las 100 horas, la zona de desecación de una pieza es muy estrecha, unos 25 mm desde la corteza exterior. Después de 100 horas, la humedad se difunde gradualmente desde el interior de la pieza, pero a una velocidad tan lenta que siempre hay una diferencia entre la miga del centro y el ex
terior por debajo de la corteza.
- 4) La pérdida de agua durante el enfriamiento y desecación de la pieza no es la responsable del envejecimiento.
- 5) Durante el proceso de envejecimiento se produce un descenso en el extracto soluble que se obtiene de la miga, y sigue, después de cierto tiempo en aumento.

4.2. Emulgentes y Estabilizadores

Como medio de impedir el envejecimiento se usan determina
dos emulgentes, y los que se pueden añadir al pan son: tartra-
to de estearilo y ésteres parciales de la glicerina.

Algunos otros de los emulgentes permitidos en otro tipo de alimentos se pueden usar para emulsiones destinadas a engra
sar los moldes; pero para el pan, los utilizados más frecuente
mente son las grasas superglicerinadas.

Los emulgentes, particularmente cuando se usan en unión con la grasa, parece que producen en el pan un efecto físico debido a la emulsión, que se refleja en una suavidad de la mi-

ga, muy apreciada en el comercio. Otra explicación que se ha propuesto para la acción de estos suavizadores es que impiden las uniones de hidrógeno de las macromoléculas de almidón, produciendo un efecto lubricante; ésto permite el deslizamiento del almidón, pudiendo así quedar al alcance de un puente de -- unión de oxígeno o hidrógeno de otras moléculas.

5. VALOR NUTRITIVO DEL PAN

El alimento "puede" definirse como: cualquier sólido o líquido que, al ingerirlo, puede suministrar al cuerpo uno o más de las tres cosas siguientes:

- 1) Materias con las que él puede producir calor y otras formas de energía.
- 2) Materiales que puede utilizar para crecer, reparar tejidos o para la reproducción.
- 3) Sustancias que normalmente regulan la producción de energía o los procesos de crecimiento, reparación o reproducción.

Según la definición anterior, hay muchas sustancias que se pueden clasificar como alimento. Todas deben contener ciertos nutrientes para que puedan ser clasificadas como tales. -- Las sustancias que componen los alimentos son los siguientes:

- a) Hidratos de carbono: Entre los que se encuentran los azúcares y almidones. Suministran al organismo calor y energía, y con ellos puede producir el grasa.
- b) Grasas: Suministran calor y energía, y materiales para elaborar su propia grasa.
- c) Proteínas: Suministran energía y materiales para el crecimiento y reparación de los tejidos.
- d) Sustancias minerales: Aportan materiales para el crecimiento y reparación de los huesos y para la regulación de la vitalidad normal del organismo.
- e) Vitaminas y otros factores que regulan los procesos del organismo.

Cooperando con estos nutrientes, el agua y el oxígeno juegan un papel fundamental en el funcionamiento correcto del --- cuerpo.

Aunque todos los alimentos no contienen todos los nutrientes deseados, la mayoría de ellos son mezclas de varios.

El pan, sin embargo, es casi único, en cuanto que contiene todos los nutrientes, aunque no en las proporciones ideales. No obstante, la combinación de alimentos tales como leche y -- pan, pan con queso y un buen bocadillo de carne, están tan próximos al ideal como es posible preparar a partir de combinaciones tan sencillas de alimentos que están al alcance corriente-mente.

Hidratos de carbono.

Los principales azúcares que se encuentran en el pan son- la dextrosa (glucosa), la sacarosa y la maltosa. También se - encuentran el almidón y dextrinas, intermediarios entre la glucosa y el almidón, las cuales se producen durante la cocción y el tueste.

Grasas.

Los aceites y grasas minerales no son comestibles y, por- tanto, no se pueden utilizar como ingredientes en la alimenta- ción humana. Ni siquiera es aconsejable su uso para engrasar- los moldes en la preparación de alimentos, aunque desgraciada- mente sea práctica corriente en algunas panaderías.

La harina contiene solamente un pequeño porcentaje de grasa natural, pero en el pan se aumenta frecuentemente por el panadero durante la confección, quedando así notablemente enri-
quecido en el momento de su consumo.

Proteínas.

La harina de trigo contiene dos proteínas de la mayor im-
portancia en panadería. Son la glutenina y la gliadina. Cuan-
do se mezclan juntas en el agua forman el gluten, sin el cual-
no sería posible formar ningún pan.

Entre los cereales, el trigo es el que tiene la propor-
ción más elevada de proteína, y en la harina esta proporción -
depende del grado de extracción. El germen de trigo es rico -
en proteína, de modo que el pan con germen tendrá un contenido
proteico superior al del pan ordinario.

Sustancias minerales.

Los tres elementos principales de la harina, desde el pun-
to de vista mineral, son: calcio, fósforo y hierro. En el pan
también está presente siempre el sodio, por añadirse sal co--
mún en su confección. El pan integral tiene un contenido en -
calcio superior al del pan blanco, pero no es asimilable por -
el organismo. Todos los cereales son fuentes mediocres de cal-
cio y, en parte por esta razón, es por la que es obligatoria -
la adición de creata a toda la harina blanca (397 gr para 127-
kg).

La harina integral también tiene más hierro que la blanca y tampoco es asimilable, La harina blanca contiene tan poco hierro que su adición es obligatoria]1.65 mg por cada 100 gr de harina[.

Valor energético del pan.

El valor energético de los alimentos se mide en unidades de calor llamadas calorías. La caloría práctica en los estudios de nutrición es la "kilocaloría" (Kcal), y es la cantidad de calor necesaria para elevar 1°C la temperatura de 1 kg de agua. Así:

1 gr de proteína asimilada y oxidada por el organismo produce 4 Kcal.

1 gr de hidrato de carbono asimilado y oxidado por el organismo produce 4.10 Kcal.

1 gr de grasa asimilada y oxidada por el organismo produce 9.30 Kcal.

A partir de estos números se puede calcular el valor nutritivo de un alimento cuando se conoce su composición. Por ejemplo: el pan de trigo tiene 39.5% de hidratos de carbono, 2.12% de grasa y 11% de proteína. El valor energético de un kilo de pan será, por tanto:

Hidratos de carbono	$10 \times 39.50 \times 4 =$	1,580.0 Kcal.
Grasas	$10 \times 2.12 \times 9 =$	190.8 Kcal.
Proteínas	$10 \times 11.00 \times 4 =$	440.0 Kcal.

Debe recordarse que todo el mundo necesita un número básico de calorías para el mantenimiento de la vida; este número

arroja un promedio de 1,700 Kcal por día para los hombres y -- 1,450 Kcal diarios para las mujeres. Además, unos y otros necesitan calorías suplementarias según el tipo de trabajo que realizan o por el movimiento y acciones ordinarias del cuerpo. Esto puede suponer otras 1,000 a 3,000 Kcal por día.

Valor alimenticio del pan.

El pan es uno de los alimentos más completos de que dispone la humanidad para su consumo. El contenido en grasa es escaso, pero esto se compensa generalmente con la adición de mantequilla, margarina o manteca. La preponderancia de los hidratos de carbono hace aconsejable su consumo, junto con otros -- alimentos más ricos en grasa o proteína. Como alimento es muy bien asimilado por el organismo, saliendo ventajoso, casi siempre, en comparación con los alimentos animales.

También deben considerarse, comparativamente, las composiciones del pan moreno y del blanco. Para este fin creemos de interés los análisis siguientes, debidos a Hutchisone.

	<u>Blanco %</u>	<u>Integral %</u>
Agua	40.0	45.0
Proteína	6.5	6.3
Grasa	1.0	1.2
Almidón, azúcar, etc.	51.2	44.8
Celulosa	0.3	1.5
Sustancias minerales	1.0	1.2

Vitaminas.

El trigo y la harina contienen el complejo vitamínico B₁ en cantidades que varían de acuerdo al tipo de trigo y al grado de extracción de la harina. Los trigos duros, las harinas-integrales y el salvado, son los más ricos en tiamina, riboflavina, ácido nicotínico y piridoxina. Las harinas blancas solo contienen pequeñas cantidades pero en la mayoría de los países se enriquecen añadiéndoles tiamina y ácido nicotínico.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Benión, E.B. 1970. Fabricación de Pan. Editorial Acribia. Za
ragoza, España. 1970.
2. Farrall, A.W. 1976. Food engineering systems. Vol. 1. The
AVI Publishing Company, Inc. Connecticut, USA.
3. Kent, N.L. 1970. Tecnología de los cereales. Editorial Acri
bia. Zaragoza, España.
4. Ostrovski, A. Fundamentos de la Tecnología de los Productos
Alimenticios.
5. Potter, N.N. 1978. La Ciencia de los Alimentos. EDUTEX, S.A.
México, D.F.
6. Scade John. 1981. Cereales, Editorial Acribia. Zaragoza, Es
paña.
7. Sultan, W.J. 1976. Practical baking the AVI Publishing Com-
pany, Inc. Connecticut, USA.
8. Yúfera, E.P. 1979. Química Agrícola III. Ed. Alhambra. Ma--
drid, España.

