



PANIFICACION

ING. RAFAEL VILLANUEVA FLORES

- INTRODUCCIÓN
- INGREDIENTES
- PROCESAMIENTO
- FORMACIÓN DE LA MASA
- MEZCLADO
- FERMENTACIÓN
- MOLDEADO, REPOSO Y HORNEADO
- TRANSFORMACIÓN DE LA MASA EN PRODUCTO HORNEADO
- RETROGRADACIÓN Y ENVEJECIMIENTO

El pan es producido por diferentes procedimientos. El procedimiento particular utilizado depende de muchos factores, que incluyen tradición, cantidad (costo) y tipo de energía disponible, características de la harina de trigo disponible, tipo de pan deseado y el tiempo que transcurre entre el horneado y el consumo.

INTRODUCCION

De acuerdo a Hosney (1994), la historia del pan es tanto extensa como a la vez poco clara. Ciertamente, el pan ha sido consumido mucho tiempo antes que la historia registrada. Resulta fácil imaginar que nuestros ancestros descubrieron que tanto el trigo silvestre como el centeno tenían buen sabor y no eran dañinos, pero encontraron que sus granos eran duros y por ende peligrosos para sus dientes. No está del todo claro si alguna persona curiosa mostró que la adición de agua hacía que el producto se suavizara, consecuentemente, se tornaba más fácil de comer o simplemente que los granos se volvían más suaves luego de una lluvia. En ambos casos, la adición de agua resultaba en un producto más suave y agradable de comer. Con la marcha del tiempo,

fue inevitable que parte del sistema harina-agua sería dejado sin intención por una noche o más en algún lugar tibio. Ciertos microorganismos encontraron un medio agradable en el cual crecer. El resultado neto fue una masa de sabor diferente (amargo) y que pudo haber sido leudada por el gas producido por levadura silvestre o bacterias productoras de gas. Por lo menos algunos encontraron este producto agradable y reprodujeron la experiencia. No está claro quién colocó una masa leudada demasiado cerca al fuego o a carbón caliente. Quizás le pusieron demasiada agua a la masa y estaban tratando de remover el exceso. En cualquier caso, la opinión fue casi unánime que el producto sabía mejor luego de haber sido calentado.

Con el inicio descrito anteriormente y algunos 2000 a 3000 años de prueba y errores, hemos arribado a los panes tradicionales con los cuales estamos familiarizados. El estudio científico de la panificación es un fenómeno reciente, mayoritariamente de los últimos 100 años.

INGREDIENTES

La fórmula más elemental del pan es harina, levadura, sal y agua. Si alguno de estos ingredientes no está presente, el producto no es pan. Otros ingredientes usualmente encontrados en formulaciones de pan con manteca, azúcar, leche o sólidos

de leche, oxidantes, preparaciones enzimáticas, (incluidos granos malteados), surfactantes y aditivos para protección contra mohos. Cada componente presente en la fórmula cumple una función especial en la producción del pan.

La harina de trigo es el mayor y más importante componente responsable de la estructura del pan. Conjuntamente con el agua, es responsable de la formación de una masa viscoelástica capaz de retener gas.

La función principal de la levadura es la conversión de los carbohidratos fermentables en dióxido de carbono y etanol. Los gases que resultan de esta conversión producen el alzamiento que produce un pan ligero (liviano) o leudado. Adicionalmente a la producción de gases, la levadura posee un efecto marcado en las propiedades reológicas de la masa. Contribuye también al sabor del pan como consecuencia de la formación de alcoholes, ácidos, ésteres y otros precursores del sabor.

La sal generalmente es utilizada a niveles de alrededor del 1-2% basado en el peso de la harina. Cumple dos funciones principales. Primero es el sabor; el pan hecho sin sal no tiene sabor. La segunda función es su efecto en las propiedades reológicas de la masa. La sal protege las cargas en la proteína del gluten, permitiéndoles a ellas interactuar mejor y, consecuentemente, producir una masa fuerte.

El último ingrediente fundamental es el agua, el cual es un plastificante y solvente. Sin agua no podemos tener una masa y consecuentemente ninguna propiedad de flujo viscoso, y muchas de las reacciones que toman lugar durante la fermentación no podrían ocurrir debido a la falta de solvente.

La manteca produce un pan con mejor volumen comparado con el pan hecho sin grasa y aumenta la vida de anaquel. El aumento en volumen es significativo, usualmente alrededor del 10%. El mecanismo de aumento en volumen continúa estudiándose. El pan que contiene grasa en su fórmula permanece suave y más agradable por mayor cantidad de tiempo comparado con el pan hecho sin grasa. La grasa o manteca también actúa como plastificante en la masa. Consecuentemente, si uno aumenta la cantidad de manteca en la masa, uno deberá disminuir la cantidad de agua y viceversa con la finalidad de mantener igual consistencia en la masa.

El azúcar constituye una fuente de carbohidratos fermentables para la levadura, proporciona un sabor dulce al pan, contribuye a suavizar al producto e influye en la coloración de la costra debido al proceso de caramelización y reacción de pardeamiento.

La leche generalmente no es utilizada debido a su elevado costo; son más comunes los reemplazantes de la

leche o mezclas de soya-suero.

Oxidantes tales como ácido ascórbico, azodicarbonamida, peróxido de calcio, a niveles de partes por millón, mejoran la resistencia de la masa resultando en un pan con mejor volumen y textura.

Los surfactantes son referidos como emulsionantes, suavizadores de miga, agentes anti-envejecedores, y acondicionadores de masas. Son sustancias que modifican el comportamiento superficial de los líquidos en los cuales se encuentran dispersos en pequeñas concentraciones. Cuando se les utiliza en panificación no funcionan ni como emulsionantes ni como suavizadores pero se considera que forman compuestos con las porciones de proteína y almidón de la masa viscoelástica y fortalecen la película extensible de gluten-almidón manteniendo el volumen del pan durante el horneado. Consecuentemente actúan como acondicionadores de masa e inhibidores del envejecimiento de la miga, dependiendo del efecto primario que produzcan. Ello se refleja en una masa con mejores propiedades de maquinabilidad y mejor capacidad de retención de gas y un pan con mayor vida de anaquel. El aditivo más común utilizado para detener el crecimiento de mohos es el propionato de calcio.

PROCESAMIENTO

El proceso de producción del pan

puede ser dividido en tres operaciones básicas: mezclado o formación de la masa, fermentación y horneado. El procedimiento más sencillo es el sistema de masa directa (Gráfico 1). En este sistema, todos los ingredientes de la fórmula son mezclados en una masa desarrollada la cual es dejada fermentar. Durante su fermentación, la masa es 'punzada' una o más veces. Luego de la fermentación, es dividida en piezas individuales, boleada y moldeada a su forma final. A la masa se le somete a una fermentación adicional con la finalidad de aumentar su tamaño. Luego de conseguido el volumen deseado, es colocada en el horno y horneada. En el método directo, el tiempo de fermentación puede variar ampliamente, desde prácticamente nada hasta tres horas.

El método más popular utilizado en los Estados Unidos es el procedimiento esponja-masa (Gráfico 2). En este procedimiento, parte de la harina (aproximadamente 2/3), parte del agua y la levadura son mezclados lo suficiente para formar una masa floja (esponja). La esponja es dejada fermentar hasta por cinco horas. Luego es combinada con el resto de los ingredientes de la fórmula y mezclados en una masa desarrollada. Luego de mezclada, a la masa se le da un reposo intermedio (referido como tiempo de piso) de 20-30 minutos de manera que pueda relajarse. Luego es dividida, moldeada y reposada tal como en el método directo. El procedimiento esponja-masa produce un pan suave con una estructura celular

fina. Se le considera, generalmente, con un sabor mejor desarrollado y es la base de comparación de los panes en Estados Unidos. Una de las grandes ventajas del proceso esponja-masa es su tolerancia al tiempo y otras condiciones.

Los sistemas de tiempo corto se han vuelto populares en Inglaterra y Australia. En Inglaterra, el procedimiento Chorleywood es utilizado para casi el 80% del total de producción del pan. Este procedimiento mezcla la masa bajo vacío parcial, luego de lo cual es esencialmente un sistema sin tiempo (sin tiempo de fermentación) directo. Es económico y produce un pan que es apreciado en Inglaterra. Un procedimiento de tiempo corto también es utilizado en Australia; sin embargo, es diferente del procedimiento Chorleywood. también es un sistema sin tiempo pero utiliza más químicos (oxidantes) para el desarrollo.

FORMACION DE LA MASA

La mayoría de sistemas de alimentos que contienen harina se inicia con la mezcla de harina, agua y otros ingredientes varios para formar una masa. La harina, particularmente de trigo duro, está hecha de partículas discretas. A pesar que pensamos en partículas pequeñas, realmente son un poco grandes (100-200 μm) comparadas con los gránulos de almidón (5-40 μm) o moléculas de proteínas.

Método Directo



Cuando el agua es añadida a las partículas de harina, las superficies de las partículas se hidratan rápidamente. Debido a que hay más agua de la que las partículas están en condiciones de absorber, el sistema es bastante fluido y no exhibe mucha resistencia a la extensión.

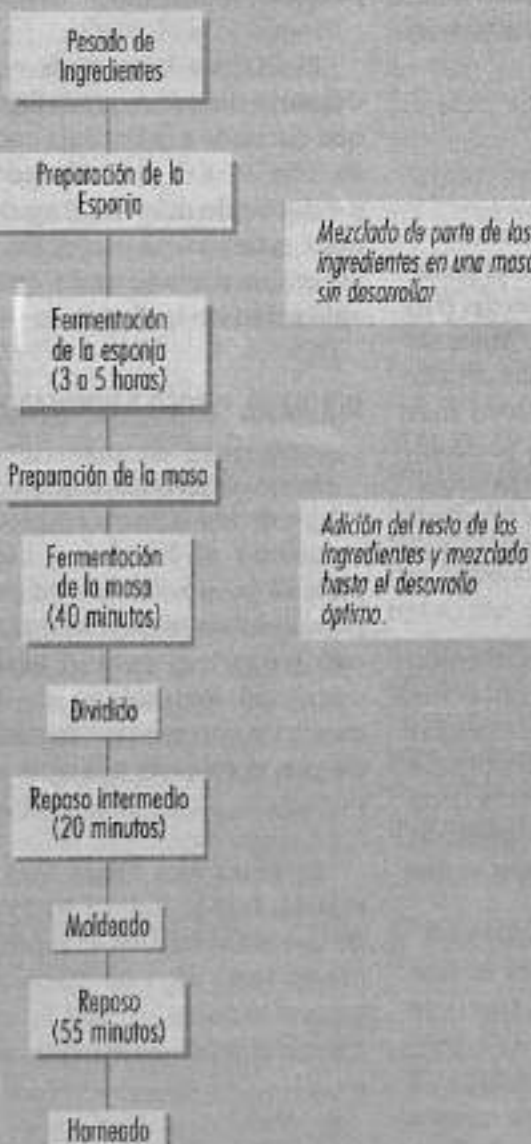
MEZCLADO

Las partículas de harina de trigo son densas, y el agua penetra lentamente, la única fuerza para que el agua se mueva al centro de la partícula es la de difusión, la cual de por sí es lenta. Sin embargo, el mezclado proporciona un mecanismo adicional. Como las partículas son resregadas unas con otras por la artesa de mezcla o las paletas del mezclador, la superficie hidratada es removida, exponiendo una nueva capa de partículas al exceso de agua en el sistema. Al repetirse esto muchas veces, las partículas de harina lentamente se hidratan. Con más y más agua libre es utilizada para hidratar la proteína y el almidón, la resistencia del sistema a la extensión aumenta progresivamente. Consecuentemente, la altura de la curva de mezclado aumenta gradualmente hasta un pico.

Otro aspecto importante del mezclado de la masa es la incorporación de aire. cuando la masa

GRAFICO 2

Método Esponja/Masa



se vuelve cohesiva, empieza a incorporar aire y disminuye su densidad. Este aire es importante en la mayoría de productos horneados debido a que produce células en las cuales el CO_2 se difusa. La levadura no puede producir nuevas células de gas. Consecuentemente, si no hubieran células de aire presentes, el grano del pan final sería muy grueso con únicamente unas pocas células largas. Dicho en otros términos, el gas nitrógeno atrapado provee el núcleo para la expansión subsecuente del gas o leudado de la masa.

En algunos procedimientos (por ejemplo el Chorleywood), las masas son mezcladas bajo vacío. A primera vista, ésto parecería ser determinante para la calidad. Sin embargo, el vacío no es completo. Un vacío alto no puede existir debido a que la masa contiene agua. Ac-

tualmente, el vacío parcial es beneficioso debido a que las burbujas pequeñas creadas se expanden bajo presión reducida y consecuentemente, pueden ser subdivididas en más burbujas mientras el mezclado continúa. Cuanto más burbujas sean creadas, el grano final del producto horneado es más fino.

FERMENTACION

La levadura es un organismo vivo el cual es inactivado durante el almacenamiento. La fermentación del pan es un proceso anaeróbico. Mientras la fermentación se realiza, las células de gas en la masa se vuelven más largas mientras más gas es producido. El "punzado" o remezcla subdivide las células de gas para producir un número mayor de células más pequeñas.

El dióxido de carbono es retenido en la masa del pan en dos fases: como gas contenido dentro de las células de gas y disuelto en la fase acuosa. La mayoría del dióxido de carbono está presente como CO_2 a pH de las masas de pan y una parte pequeña como H_2CO_3 , HCO_3^- o CO_3^{2-} .

El CO_2 es producido en la fase acuosa y satura el agua. Una vez saturada el agua, el nuevo CO_2 producido debe encontrar un lugar a donde ir. No puede formar nuevas burbujas: consecuentemente, las burbujas de aire preexistentes aparecen como la elección lógica. El CO_2 pene-

tra a la burbuja y aumenta la presión. La masa posee propiedades viscosas de flujo y, consecuentemente, permite a la burbuja expandirse para equilibrar la presión. El volumen total de la masa es aumentado o, en otras palabras, la masa es leudada.

El CO_2 en la burbuja no puede difundirse debido a que la fase acuosa que circunda a la burbuja está saturada con el CO_2 y la levadura está produciendo más, así el agua permanece saturada. La retención de gas, no es un misterio pero quizás una aplicación de las leyes de difusión.

MOLDEADO, REPOSO Y HORNEADO

Luego de la fermentación en "bulto", se divide la masa en piezas individuales y se les da un tiempo de piso. El propósito de este tiempo es permitirle a la masa relajarse. La masa está luego lista para el moldeo. La operación de moldeo es esencialmente un proceso de laminado seguido por el roleado y la aplicación de presión.

La masa está luego lista para el reposo. Esto se logra a 30-35°C y 85% de humedad relativa. El reposo usualmente toma algo de 55-65 minutos, tiempo durante el cual la masa aumenta considerablemente en volumen.

Luego del reposo, la masa está lista para ser horneada. Los hechos empiezan a suceder rápidamente

mientras la masa relativamente fría es colocada en el horno caliente. La superficie de la masa que está expuesta a la atmósfera del horno se curte y forma una costra casi inmediatamente. La corteza se forma debido a que la superficie de la masa se seca rápidamente. La humedad en la superficie de la masa vaporiza rápidamente, debido a que está en contacto con el aire seco y a alta temperatura en el horno. La superficie de la masa se enfría mientras el agua vaporiza. Consecuentemente, la mayoría del almidón en la corteza retiene su estructura (con su birefringencia) en el pan final.

Durante los primeros minutos en el horno, la masa se expande en tamaño rápidamente. Muchos factores son responsables de ello. Los gases se calientan y aumentan en volumen, el dióxido de carbono se vuelve menos soluble, mientras la temperatura aumenta, la levadura se vuelve un poco activa con el aumento de la temperatura (mientras no llegue a ser muy alta), y otros productos (tales como mezclas de etanol-agua) vaporizan.

TRANSFORMACION DE LA MASA EN PRODUCTO HORNEADO

Es muy fácil notar la diferencia entre una masa y un pan. Sin embargo, no es fácil entender cómo la masa se transforma en pan. En una masa de pan, el almidón gelatiniza a alrededor de 65°C. Sin embargo, las propieda-

des de masa continúan cambiando mientras la masa es calentada a mayores temperaturas. Específicamente, la masa/pan se vuelve más resistente y elástica. A 95°C, la masa/pan ha perdido la mayoría de su extensibilidad y ahora es elástica. Consecuentemente, la transformación de la masa en pan es un fenómeno continuo. Empieza a 65°C mientras el almidón gelatiniza; la masa/pan se vuelve continua en gas a 72°C pero continúa volviéndose más elástica hasta 95°C.

Medidas reológicas de la masa calentada a varias temperaturas combinadas con exámenes microscópicos del pan han sugerido que algún tipo de interacción ocurre entre el almidón gelatinizado y el gluten. Esta interacción causa que la masa se vuelva más elástica y menos extensible. Mientras la masa es calentada, la reducción en extensibilidad lleva a la generación de presión dentro de las células del gas. En algún punto, la presión se vuelve suficientemente alta para romper las células de gas y producir una estructura continua de gas que existe en el pan.

RETROGRADACION Y ENVEJECIMIENTO

Todo pan fresco salido del horno es buen pan. Hay mucho de cierto en ello. El pan pierde sus características progresivamente con el tiempo. Estos cambios que ocurren en el tiempo son llamados envejecimiento. Incluyen el endurecimiento de la costra y

de la miga, pérdida del sabor, aumento de la opacidad de la miga y disminución del almidón soluble.

La retrogradación es la recristalización del almidón. Parece ser debido principalmente a la fracción de amilopectina que se recristaliza (Schoach y French 1947, Kim y D'Appolonia 1977). El aumento de opacidad de la miga es presumiblemente causado por el crecimiento de cristales, que cambian el índice de refracción.

Los cambios que ocurren en la costra son diferentes a los que ocurren en la miga. El endurecimiento de la costra parece estar asociado principalmente con la migración del agua de la miga a la costra. Cuando el pan está fresco, la costra está seca, conteniendo 2-5% de humedad. Bajo estas condiciones, es frágil y apetecible. Cuando el agua se difusa en la miga, la costra pierde su fragilidad y se vuelve dura, cambiando de un estado vídrioso a uno elástico.

El endurecimiento de la miga del pan puede ser revertida mediante calentamiento. Esta es una ventaja del tostado del pan; se dice que es refrescado.

Los cambios que ocurren en la miga son mucho más complejos. Ha sido demostrado, casi 150 años atrás, que el endurecimiento de la miga del pan no es un proceso de secado. De acuerdo a Hoseney (1994), durante los últimos 40 años ha prevalecido un

consenso general que el endurecimiento y la retrogradación son equivalentes. Recientemente, esta conclusión ha sido desafiada.

Martin y Hoseney (1991) han sugerido un mecanismo nuevo para el proceso de endurecimiento. El mecanismo de endurecimiento postula que ocurren interacciones entre los gránulos de almidón hinchados y la red continua de proteína en el pan. Estas interacciones, o enlaces cruzados, se originan durante el proceso de horneado. El envejecimiento permite la formación de mayores enlaces y el fortalecimiento de los enlaces existentes en el producto horneado.

Está bastante bien documentado el hecho de que alfa amilasas de origen bacterial ejercen un efecto retardador en el ritmo de endurecimiento del pan (Conn et al 1950, Zobel y Senti 1959, Gradsdorf y Varriano-Marston 1980). Martin y Hoseney (1991) reportaron que dextrinas de bajo peso molecular eran producidas durante el horneado de masas tratadas con alfa amilasas de origen bacterial. Estas dextrinas reducen el endurecimiento del pan interfiriendo con la interacción entre el almidón y la matriz continua de proteína.

Durante el horneado, hay ventanas aceleradas de actividad enzimática que definen el rango de temperatura sobre el cual el almidón es rápidamente degradado (Martin 1989). El rango óptimo de temperatura de la

gelatinización del almidón a la desnaturalización de las enzimas. Las amilasas bacteriales tienen una ventana más ancha de actividad que las amilasas de malta o fungales. La temperatura a la cual las amilasas bacteriales se desnaturalizan (95°C) excede a aquellas de malta (85°C) y fungal (75°C) (Audidier 1968).

REFERENCIAS

- Audidier, Y. 1968. Effects of thermal kinetics and weight loss kinetics on biochemical reactions in dough. *Baker's Dig.* 42(5) : 36-42.
- Akers A. A., and Hosoney R.C. 1994. Water soluble dextrans from alpha amylase. Treated bread and their relationship to bread firming. *Cereal Chem* 71(3) : 233-226.
- Conn, J. F., Johnson, J. A., and Miller, B. S. 1950. An investigation of commercial fungal and bacterial alpha amylase preparation in baking. *Cereal Chem.* 27 : 191-205.
- Dragsdorf, R. D. and Varriano-Marston, E. 1980. Bread staling: X-ray diffraction studies on bread supplemented with alpha amylases from different sources. *Cereal Chem.* 57 : 310-314.
- Hosoney, R. C. 1994. Principles of Cereal Science and Technology. Second Edition. American Association of Cereal Chemists, Inc. Saint Paul, Minnesota.
- Hosoney, R. C. 1994. Bread baking. *Cereals food World* 39(3) : 180-183.
- Kim, S. K. and D'Appolonia, B. L. 1977. Bread staling studies. II. Effect of protein content and storage temperature on the role of starch. *Cereal Chem.* 54 : 216-224.
- Martin, M. L. 1989. Rethinking bread firming. A dissertation. Kansas State University. Manhattan, Kansas.
- Martin, M. L., and Hosoney, R. C. 1991. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chem.* 68 : 503-507.
- Pyle, E. J. 1968. Baking Science y Technology. Third Edition. Sosland Publishing Company. Merriam, Kansas.
- Schoch, T. J., and French, D. 1947. Studies of bread staling. Y. The role of starch. *Cereal Chem.* 24 : 231-248.
- Zobel, H. F., and Senti, F. R. 1959. The bread staling problem. X ray diffraction studies on breads containing a cross linked starch and heat-stable amylase. *Cereal Chem.* 36 : 441-451.