

LAS *enzimas* EN LOS NUEVOS PROCESOS DE PANIFICACIÓN

En panificación para que las enzimas generen su actuación necesitan que la harina esté hidratada. Comienzan a actuar durante el amasado, facilitando la maquinabilidad, regulando la absorción del agua y asegurando la obtención de una masa más fina, extensible y la puesta a punto para su mecanización.

Es durante la fermentación de la masa cuando la acción enzimática resulta más notable, proporcionando alimento a la levadura para que gasifique y levante la masa.

En la cocción, y hasta el momento en que por las altas temperaturas se desactivan, las enzimas actúan a una mayor velocidad de transformación. Será durante esta fase de cocción cuando se fija el volumen, la greña, el color de conservación, el alveolado de la miga y la blancura de la misma.

Los efectos que se pueden obtener en la masa por la aplicación de las enzimas son los siguientes:

- Reducir el tiempo de amasado.
- Generar azúcares para la fermentación.
- Aumentar o disminuir la extensibilidad de la masa por las oxidasas o proteasas.
- Aumentar la fuerza de la masa.
- Ajustar el equilibrio de la masa.
- Reducir la viscosidad de la masa.
- Mejorar la conservación.

Las enzimas son capaces de regular las características de una harina teniendo en cuenta la aplicación para las que van a ser destinadas.

Factores que influyen en la acción de las enzimas

La cantidad de una enzima añadida a la harina reaccionará de forma distinta dependiendo de varios factores. Este hecho va a generar dudas al panadero, porque el comportamiento de las masas será bien distinto dependiendo de la cantidad de mejorante añadido, ya que es en el mejorante donde normalmente el



Las enzimas comienzan a actuar en la masa durante su amasado.

Las enzimas son proteínas que actúan como biocatalizadores, es decir, se tratan de compuestos naturales que poseen todos los organismos vivos. La vida no es posible sin ellas ya que muy pequeñas cantidades de enzimas son capaces de acelerar y multiplicar reacciones químicas específicas. El uso de las enzimas en la panadería data de mediados del siglo XIX, cuando a los panaderos y molineros les va llegando información de que la harina de malta daba color al pan. Entonces la miga era más húmeda y se conservaba más tiempo por lo que la alfaamilasa de la malta de la cebada aumentaba la fermentación con la generación de azúcares fermentables (maltosa) a partir del almidón. Más tarde se descubrió que la enzima activa de la soja blanqueaba la miga y mejoraba la firmeza del gluten a través de la acción de la lipoxigenasa. Desde finales del siglo pasado, el uso de enzimas específicas para según qué procesos panarios o características del pan, se ha generalizado en la industria. Procesos como la fermentación controlada o la precocción, sin embargo, obligan a saber perfectamente las reacciones que las enzimas pueden aportar en las masas.

Francisco Tejero
Director técnico de Molinería y Panadería



panadero adiciona las enzimas a su pan; a través de un conjunto enzimático, que incorpora generalmente también ácido ascórbico y algún tipo de emulsionante. Por ello, otros factores como la acidez de las masas madres, la temperatura de la masa y de la fermentación, así como la temperatura del horno, tendrán una repercusión de reacciones bien distintas cuando estos parámetros cambien.

Casi todas las reacciones químicas de las células son canalizadas por enzimas, con la particularidad de que cada enzima sólo cataliza una reacción, por lo que existirían tantas enzimas como reacciones.

• **Sustratos disponibles en la harina.** La actividad de una enzima responde a la concentración del complejo enzima-sustrato. Es muy importante que la cantidad de sustrato y enzima estén relacionados. Cuando éste es limitado la acción de la enzima es lenta y limitada la reacción, y cuando la cantidad de sustrato sea elevada la reacción será rápida y efectiva.

En una reacción catalizada por la enzima (E), los reactivos se denominan sustratos (S), es decir, la sustancia sobre la que actúa la enzima. El sustrato es modificado químicamente y se convierte en uno o más productos (P).

• **Efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática.** En general,

los aumentos de temperatura aceleran las reacciones químicas y enzimáticas: por cada 10° C de incremento, la velocidad de reacción se duplica. Las reacciones catalizadas por enzimas siguen esta ley general. Sin embargo, al ser proteínas, a partir de cierta temperatura, se empiezan a desnaturalizar por el calor. La temperatura a la cual la actividad catalítica es máxima se llama temperatura óptima. Por encima de esta temperatura, el aumento de velocidad de la reacción debido a la temperatura es contrarrestado por la pérdida de actividad catalítica debida a la desnaturalización térmica, y la actividad enzimática decrece rápidamente hasta anularse.

Las enzimas que se utilizan en la panadería comienzan su actividad desde que se añade agua en el amasado y terminan en el horno, si por ejemplo la masa sale de la amasadora por debajo de 25° C su actividad es bien diferente a si la masa queda caliente, otro ejemplo es cuando la masa se fermenta a altas temperaturas; si por el contrario es muy fría o también si la temperatura inicial del horno es baja o al contrario muy alta, se va a prolongar o reducir la actividad de las enzimas.

Normalmente las enzimas que se utilizan en la harina y las que el panadero aporta a través del mejorante se desnaturalizan y se desactivan en-

tre los 60-70° C.

También las enzimas añadidas a las masas de fermentación controlada, aún con actividad reducida debido a la baja temperatura, siguen activas, y tendrán tal repercusión que si bien se paraliza la actividad fermentativa de la levadura, prosigue lentamente la degradación del gluten y del almidón. La repercusión es que a mayor tiempo de fermentación baja la fuerza de la masa y el colorido y la cristalización del pan una vez cocido aumenta.

• **Efecto del pH sobre la actividad enzimática.** El pH es una medida de la acidez relativa de la masa. La acidez en la que la actividad de las enzimas es óptima, en procesos con fermentaciones cortas, se obtiene difícilmente cuando no se añade una porción de masa madre.

Los aminoácidos que forman las proteínas pueden estar cargados positivamente o negativamente dependiendo del pH de la masa. A pH neutro (pH=7), la mayor parte de las proteínas tienen en ambos signos positivo y negativo cargas disponibles a lo largo la cadena de aminoácido. Cargas opuestas se atraen y cargas iguales se repelen. Ésta fuerza de atracción/repulsión juega un papel importante en el sostén de toda la estructura de tridimensional de la proteína, la cual es importante para su funcionalidad. Como la conforma-

¿Qué son las enzimas?

Las enzimas son proteínas que actúan como biocatalizadores, es decir, se tratan de compuestos naturales de todos los organismos vivos poseen. La vida no es posible sin enzimas ya que muy pequeñas cantidades son capaces de acelerar y multiplicar reacciones químicas específicas.

Las enzimas participan de manera importante en la conversión del alimento en la boca, en el estómago y en el intestino. En la naturaleza hay una gran variedad de diferentes enzimas, cada una con su misión específica.

En la industria alimentaria en general se utilizan más de centenar de enzimas con diferentes y variados efectos.

El concepto de enzima se ha ido extendiendo, relacionándolo desde la biotecnología a procesos industriales (detergentes, productos lácteos, zumos de fruta, tratamientos de residuos, procesos textiles y, por supuesto, con el tratamiento de la harina y en los procesos de fabricación del pan).

La tecnología enzimática consiste en encontrar enzimas con características específicas, para aislarlas y producirlas económicamente y utilizarlas con la mayor ventaja.

Desde siempre el hombre ha usado enzimas, sin un conocimiento exacto de qué eran y cómo actuaban. La industria produce las enzimas como lo hace la naturaleza. Todos los hongos, levaduras y bacterias contienen gran cantidad de enzimas. Se obtienen por ejemplo a partir de hongos que se pueden encontrar en la naturaleza o de bacterias (*Bacillus subtilis*). Las enzimas, por lo tanto, no son microorganismos, sino que proceden de aquellos. Las cepas seleccionadas son cultivadas en condiciones controladas o bien en medios de cultivo de gran superficie, incluso en tanques de fermentación. Después de una profunda purificación y tratamiento se mantienen en forma líquida, o bien se liofilizan en el caso de que vayan a ser utilizadas en el tratamiento de la harina o para los mejorantes panarios en polvo.

La evolución de las enzimas en la panadería

El comienzo del uso de las enzimas en la molinería y panadería es a partir del año 1850, cuando a los panaderos y molineros les va llegando información de que la harina de malta daba color al pan. Entonces la miga era más húmeda y se conservaba más tiempo por lo que la alfa-amilasa de la malta de la cebada aumentaba la fermentación con la generación de azúcares fermentables (maltosa) a partir del almidón. Más tarde se descubrió que la enzima activa de la soja blanqueaba la miga y mejoraba la firmeza del gluten a través de la acción de la lipoxigenasa.

Un siglo después se descubre que los hongos y bacterias son fuentes de enzimas alimenticias. La amilasa fúngica se empieza a utilizar remplazando a la harina de malta ya que en ella no era controlable su actividad y porque la harina no siempre tiene el mismo contenido enzimático, ya que esto depende de la humedad del trigo. El principal avance con la utilización de la amilasa fúngica fue la facilidad de regulación de la dosificación de la enzima y de la temperatura: las de la harina de malta prolongan su efectividad en el horno hasta que en el interior de la miga se alcanzan los 75° C, mientras que con tras el nuevo descubrimiento de la amilasas fúngicas se comprueba que su actividad se corta a los 60° C.

La amilasa bacteriana que empezó a utilizarse en las masas fermentadas mostró que la miga era aún más húmeda y que conservaba más tiempo el pan fresco, pero una sobre dosificación de amilasa bacteriana producía una miga excesivamente húmeda, lo que ya no era deseable. Las proteasas de las plantas (bromelina, papaína...) y las fuentes microbianas aparecen en el mercado de la panadería y se usaban para modificar las propiedades del gluten en ciertas aplicaciones, las cuales en la actualidad se utilizan en la fabricación de galletas y otras aplicaciones como cuando se quiere romper el gluten para que sea más manejable.

Los cereales contienen una serie de enzimas naturales como son las amilasas, proteasas, hemicelulasas y lipasas. Tanto los contenidos en la harina como los adicionados en el molino o en la panadería, actúan en las diferentes partes del proceso de panificación. Su presencia en cantidades superiores o inferiores a las necesarias afectará a la calidad del producto final, tanto a su volumen y aspecto, como a su conservación.

La concentración natural de estas enzimas en los cereales panificables depende en gran medida de las condiciones climatológicas durante las últimas fases del cultivo del trigo. Si madurado el grano, éste estuvo expuesto a un ambiente húmedo, se producirá su germinación. Si por el contrario, la maduración y recolección del trigo se realizó en clima seco, el contenido de enzimas podría llegar a ser insuficiente. Por esta razón y para resolver esta insuficiencia enzimática es necesario añadirlas a la harina o a la masa.

Actualmente, la mayor parte de las enzimas producidas industrialmente para su utilización en los procesos de panificación se producen mediante fermentaciones de microorganismos seleccionados. Antes, la falta de amilasas se corregía habitualmente mediante la adición de malta, que no es más que el producto de la germinación controlada del trigo o de la cebada, según su destino para la fabricación de pan o cerveza, respectivamente.



ción de las proteínas depende, en parte, de sus cargas eléctricas, habrá un pH en el cual la conformación será la más adecuada para la actividad catalítica. Éste es el llamado pH óptimo.

La mayoría de las enzimas son muy sensibles a los cambios de pH. Desviaciones de pocas décimas por encima o por debajo del pH óptimo pueden afectar drásticamente su actividad.

Amilasas

Las alfa-amilasas pueden obtenerse a partir de cereales, hongos (fúngicas) o bacterias.

• **La alfa-amilasa de origen cereal (harina de malta).** Su elaboración consiste en la germinación del

trigo o para que se movilen las alfa-amilasas naturales del grano. Hasta la década pasada los mejorantes completos de panificación se formulaban con este tipo de amilasas.

Estas amilasas se inactivan a 75° C, por lo que en una harina con elevada actividad enzimática o en el caso de una sobre dosificación dará mayor estabilidad al calor, lo que podrá ocasionar los mismos problemas que las harinas procedentes de trigo germinado.

• **La alfa-amilasa bacteriana.** Se produce a partir de la bacteria *Bacillus subtilis* y es muy resistente al calor por lo que a temperaturas de 70 a 90° C alcanza su máxima velocidad de reacción. El efecto secundario típico de la amilasa bacteriana es una disminución de la viscosidad del en-

grudo del almidón.

• **Amilasa de origen fúngico.** Se produce por fermentación de una cepa de hongo *Aspergillus niger*, y es la más utilizada en la fabricación del pan, como alternativa a la harina de malta. Ello es debido al hecho, entre otros, de que la alfa-amilasa fúngica tiene una mayor tolerancia a la sobre dosificación que la de origen cereal, lo que se basa en su desactivación durante la primera fase de la cocción (60-65° C); con ella que no existe el riesgo de que se produzca exceso de dextrinas, lo cual produciría migas pegajosas.

La actividad de las alfa-amilasas de origen fúngico comerciales se mide en dos unidades:

–FAU (Unidad Fungal Amilasa), que es la cantidad que dextrinizará

Tabla 1 / Grupos de enzimas y sus acciones en panificación

Componentes de la harina	Tipo de enzima	Reacciones catalizadoras	Mejora
Almidón	Amilasas de la harina de malta Amilasa bacteriana	Desintegración del almidón en: Azúcares Dextrinas Maltosas	Características de la masa: Volumen Alveolado Color de la corteza Equilibrio enzimático de la harina Acelera la fermentación
	Amilasas fúngicas Amilasa <i>Arpesguillus oryzae</i> Almidón → maltosa+dextrina	Maltosa+dextrinas	
	Amilasa del <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> Almidón → dextrinas	Dextrinas	
	Amiloglucosidasa del <i>Asperguillus niger</i> Almidón → glucosa	Glucosa	
	Amilasa maltogénica del <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> Almidón → maltosa	Maltosa	
Otros polisacáridos	Pentosanasas	Desintegración de pentosanas	Como consecuencia, se produce una mayor retención de gas y un mayor impulso en el horno debido al retraso en la formación de la miga.
	Hemicelulasas	Desintegración de hemicelulosas Estabilidad de fermentación	Volumen Conservación
	Xilanasas	Actúa sobre la fracción soluble rompiendo la unión con el gluten	Aumento de volumen y tolerancia en la fermentación
	Proteasas fúngicas Oxidasas (Gox y Sox) Reductasa	Aflojan la estructura del gluten	Características de la masa: Ablandamiento de la estructura del gluten
Proteínas	Proteasas bacterianas	Acortan las cadenas proteicas hasta la eliminación del gluten	Galletas, craker
Lípidos	Lipoxigenasas (mediante harina de soja sin desgrasar y sin tostar)	Oxidación de carotenoides	Blanqueado de la miga Mejora del gluten
	Lipasas	Liberan emulgentes a partir de la grasa contenida en la harina (peróxidos)	Aumento de la extensibilidad Conservación del pan Reduce uso de emulgentes

una solución estándar de almidón a una velocidad de 1 g/hora a 40° C.

–SKB que mide la capacidad de la enzima para degradar una solución de almidón puro, a un pH de 4,6, durante 60 minutos a 30° C.

La relación entre las FAU y las SKB, es que 1.000 FAU/g aproximadamente equivalen a 10.000 SKB/g.

Las amilasas de origen fúngico utilizadas en la panadería tienen una actividad variada que va desde baja actividad (2.500 SKB/g) hasta alta actividad (50.000 SKB/g).

Las amilasas, como todas las enzimas, se inactivan con el incremento de temperatura que se produce al entrar al horno: son proteínas y, por tanto, termolábiles. Las amilasas fúngicas se inactivan a temperaturas en torno a los 60° C, mientras que las naturales del trigo lo hacen por encima de los 75° C.

No sólo la temperatura es condicionante del funcionamiento de las enzimas. También lo es el pH del medio. La acidez en la que la actividad de las enzimas es óptima, en procesos con fermentaciones cortas, se obtiene difícilmente cuando no se añade una porción de masa madre.

La capacidad de producción de gas es uno de los parámetros importantes a controlar en las harinas. Depende, por una parte, de los azúcares libres presentes en la harina, que son los inicialmente atacados por la levadura al comienzo de la fermentación de la masa y agotados rápidamente. La continuidad de la fermentación viene asegurada por la obtención de azúcares fermentables a partir del almidón de la harina.

El almidón está formado por largas cadenas construidas mediante la unión de múltiples moléculas de glucosa. Existen dos tipos de estas macromoléculas: una de cadena recta (amilosa) y otras de cadena muy ramificada (amilopectina). Físicamente se agrupan estas cadenas, formando unas estructuras peculiares llamadas gránulos.

Durante la molienda, parte de los gránulos sufren fisuras y roturas, quedando expuestos a la hidratación masiva así como al ataque progresivo de las amilasas.

La alfa-amilasa corta las cadenas en unidades menores, denominadas dextrinas, mientras que la beta-amilasa va separando de las dextrinas

La alfa-amilasa corta las cadenas en unidades menores, denominadas dextrinas, mientras que la beta-amilasa va separando de las dextrinas unidades de maltosa. Este azúcar, formado por la unión de dos moléculas de glucosa, es ya asimilable por la levadura. Pese a todo, el contenido en alfa-amilasa no es suficiente para alcanzar el ritmo de fermentación requerido en los procesos actuales. Por eso es imprescindible corregir el contenido enzimático vía el mejorante

unidades de maltosa. Este azúcar, formado por la unión de dos moléculas de glucosa, es ya asimilable por la levadura. Pese a todo, el contenido en alfa-amilasa no es suficiente para alcanzar el ritmo de fermentación requerido en los procesos actuales. Por eso es imprescindible corregir el contenido enzimático vía el mejorante.

El efecto principal de las amilasas sobre la masa es el aumento de la velocidad de fermentación, facilitada por la mayor producción de gas y por el ligero reblandecimiento de la masa producido por la liberación del agua absorbida por los gránulos de almidón atacados. Una dosificación excesiva de amilasas se traduce en masas pegajosas de difícil manipulación.

Al entrar la masa en el horno, y hasta la inactivación de las enzimas, se produce una aceleración violenta de las diferentes reacciones implicadas en la fermentación, aumentando la producción de gas, dilatándose éste y evaporándose el alcohol y parte del agua de la masa. La gelatinización del almidón, mucho más sensible en ese estado al ataque enzimático, contribuye también. Las dextrinas no consumidas mantendrán a la miga más jugosa, pero también terminará la coloración de la corteza.

• **Amiloglucosidasa.** También denominada glucoamilasa, se obtiene también de un hongo. Actúa sobre las dextrinas produciendo glucosa, lo que se traduce en una aceleración de la fermentación.

Se utiliza en procesos rápidos de panificación donde se desea que la masa fermente rápidamente, esto ocurre al liberar glucosas para que la levadura pueda producir el gas desde el inicio de la fermentación.

Pentosanasa

Estas enzimas actúan sobre las pentosanasa, que son unos polisacáridos distintos al almidón. Esta reacción de hidrólisis aumenta la absorción de agua en la masa, aumentando la tenacidad y disminuyendo ligeramente la extensibilidad. Como consecuencia, se produce una mayor retención de gas y un mayor impulso en el horno debido al retraso en la formación de la miga.

Los preparados enzimáticos de pentosanasa se añaden con el propósito de frenar el envejecimiento rápido del pan. Se ha podido observar que retardan la velocidad de retrogradación del almidón.

Al mismo tiempo, dichas enzimas retienen agua durante la cocción y posteriormente esta agua puede ser suministrada gradualmente al almidón, lo que permite mantener más tiempo el pan tierno.

Hemicelulasas

Es una pentosanasa cuya acción se debe a la hemicelosa o compuestos polisacáridos presentes en la harina. Lo más interesante de esta enzima es que acelera y aumenta la capacidad de coagulación del gluten, lo que es de interés en los panes precocidos ya que la formación de la miga en la etapa de precocción la acelera siendo el resultado favorable para la formación de la miga y evitar así el colapso del pan precocido.

Esta enzima debe siempre estar reforzada por otras ya que acepta bien el sinergismo, por ejemplo lipasa+hemicelulasa; esta combinación aumenta la fuerza en la masa y sobre

todo la conservación del producto terminado. Las celulasas actúan igual que la hemicelulasa

Xilanasas

En una hemicelulasa específica y en particular endo-1,4-β-xilanasas se utiliza en la industria de la panificación para mejorar la textura del pan, el color y el volumen de los productos horneados.

Proteasas

La utilización de enzimas proteolíticas en la fabricación del pan no es de uso corriente en España, debido a que las harinas son flojas y extensibles y, en muchos casos la harina ya es portadora de dichas enzimas provenientes del ataque del garrapatillo en el trigo.

Las proteasas de origen fúngico son menos agresivas que las de origen bacteriano y se emplean en las masas fermentadas, exclusivamente cuando son muy fuertes y tenaces, y

Las proteasas de origen fúngico son menos agresivas que las de origen bacteriano y se emplean en las masas fermentadas, exclusivamente cuando son muy fuertes y tenaces, y en la fabricación de magdalenas, bizcochos y plum-cakes

en la fabricación de magdalenas, bizcochos y plum-cakes.

En la fabricación de galletas y barquillos se utilizan proteasas bacterianas. En estos casos, su efecto se traduce en un debilitamiento del gluten, lo que favorece el laminado de la masa y su expansión sin deformación

durante la cocción. La degradación del gluten ayuda a la obtención de galletas más crujientes. En la fabricación de barquillos la viscosidad o fluidez de la masa aumenta con la adición de proteasas bacterianas, que ayudan a la evaporación del agua, lo que repercute en una mayor productividad y una menor fragilidad.

La galleta es un producto horneado con un contenido en humedad inferior al 5%. La receta base es grasa, azúcar y harina; a partir de esta receta las variedades son ilimitadas, no solamente en la composición de ésta con otros ingredientes sino también en su formato.

La harina que se utiliza en la fabricación de galletas debe ser de bajo contenido en proteína y con unas propiedades reológicas muy débiles y extensibles. No siempre el industrial galletero tiene este tipo de harina, para ello ha de recurrir a enzimas proteolíticas que tienen la facilidad de romper las largas moléculas de proteína que forman el gluten. Las proteasas de origen bacteriano son

Tabla 2 / Sinergia enzimática

Combinación de enzimas (sinergismo)

La acción en la masa y las características del pan de dos o más enzimas añadidas en conjunto es frecuentemente mayor que la suma de los efectos de cada enzima por sí sola, produciendo un interesante sinergismo. El mismo sinergismo es observado en el uso de las enzimas además de otros aditivos, tales como ácido ascórbico y los emulsionantes.

Las industrias de fabricación de enzimas se esfuerzan en preparar diferentes complejos enzimáticos capaces de cubrir por sinergismo la carencia de una enzima para suplantarla con otra enzima añadida.

Los procesos tan variados y la gran cantidad de panes que fabrica la panadería actual hace que estas combinaciones de procesos enzimáticos se vayan especializando en función de las variedades de panes a los que van dirigidos y al grado de automatismo que requiera la masa, una mayo o menor fuerza o equilibrio.

Complejos enzimáticos

La combinación de diferentes enzimas con los aditivos tradicionales (como el ácido ascórbico o emulgentes) dan lugar a los mejorantes comerciales que normalmente usa el panadero, esa combinación específica estará formulada según el proceso y el tipo de pan:

• **PROTEASAS BACTERIANAS + HEMICELULOSA.** Reduce drásticamente la tenacidad P y alarga la extensibilidad L. Esta combinación de enzimas esta dirigida a las harinas destinadas a la fabricación de galletas laminadas para que no se retraiga en el laminado y en troquelado de la galleta. Esta combinación puede reemplazar el metasulfito sódico que tradicionalmente se usa para este fin.

• **PROTEASA BACTERIANA + XILANASA.** Este complejo enzimático es adecuado para las masas batidas de galletas y obleas. Produce una disminución de la viscosidad favoreciendo la dosificación de los moldes.

• **XILANASA + PROTEASA FÚNGICA + ALFA-AMILASA FÚNGICA.** Este complejo de tres enzimas

está dirigido a corregir las harinas tenaces con valores de P/L altos, el resultado es el equilibrio de la harina aumentado la extensibilidad. Está sobre todo recomendado en las masas hojaldradas y en masas fermentadas laminadas, como por ejemplo en la producción industrial de pizzas con sistema de laminado.

• **ALFA-AMILASA FÚNGICA + AMILOGLUCOSIDASA + HEMICELULOSA FÚNGICA.** Sobre todo destinadas a harinas con poca actividad enzimática. Regula la actividad fermentativa, el Índice de caída y las unidades amilográficas.

• **XILANASA + ALFA-AMILASA FÚNGICA.** Recomendado en harinas destinadas a procesos rápidos de panificación.

• **GLUCOSA-OXIDASA (GOX) + HEMICELULOSA.** Refuerza el gluten y la retención del gas en la fermentación; recomendado en harinas flojas con procesos rápidos de panificación.

• **GLUCOSA-OXIDASA (GOX) + HEMICELULOSA + LIPASA.** Además de reforzar la masa, la miga del pan es más blanca.

• **GLUCOSA-OXIDASA (GOX) + SULFIDRIL-OXIDASA (SOX).** Se utiliza como un fuerte oxidante que además de fuerza en la masa también aumenta considerablemente la capacidad de retención de gas. Las dos enzimas actúan sinérgicamente sobre la masa aumentando la tolerancia en el amasado.

• **HEMICELULOSA + LIPASA.** Reduce la viscosidad de la masa, aumenta el desarrollo en el horno y mejora la conservación.

• **LIPASA + LIPOXIGENASA.** Mejora la conservación, miga más blanca.

las más utilizadas en galletería. Otros tipos de proteasas fúngicas atacan el gluten pero de forma débil, rompiendo algunos enlaces, se utilizan principalmente en panificación y en la elaboración de craker.

El uso de papeína (enzima obtenida de la papaya) en la elaboración de las galletas es para reemplazar el metabisulfito sódico, que se utiliza en algunos países para suavizar la masa. En la fabricación de obleas es imprescindible emplear harina con muy

poco gluten; lo que se consigue con harinas bajas en proteínas.

Lipoxigenasas

La harina de soja activa es el principal portador de la enzima lipoxigenasa. En la fabricación de pan de molde y pan de hamburguesas y, en general, en aquellos panes que se desee potenciar la blancura de la miga está recomendado el uso de entre 5 y 10 g/kilo de harina de soja activa.

El efecto de la lipoxigenasa sobre el ácido linoleico, es la formación de hidroxiperóxidos, que producen una oxidación acoplada de sustancias lipófilas, como los pigmentos carotenoides. Esta oxidación ocurre durante la etapa de amasado y da lugar a una miga más blanca y brillante, al mismo tiempo que aumenta el volumen del pan y que su sabor sea más insípido.

Con la adicción de harina de soja activa se puede potenciar el efecto

oxidante sin modificar en exceso el equilibrio de la harina, proporcionando ligeramente el aumento de la extensibilidad.

Lactasas

El azúcar de la leche y sus productos derivados se denomina lactosa, y es un disacárido, es decir, está formada por dos azúcares simples: la glucosa, que es fermentada por la levadura, y la galactosa, que no es fermentada y tiene poco poder edulcorante. La lactosa puede ser hidrolizada a estos tipos de azúcares mencionados por medio de una enzima denominada lactasa. Este fenómeno de degradación del azúcar de la leche produce un aumento en la velocidad de fermentación y contribuye a la coloración del pan. En la fabricación de pan de molde y de hamburguesa, el uso de leche en polvo o suero potenciará el color de la corteza, disminuyendo así el tiempo de cocción y manteniendo el máximo de humedad.

Lipasas

La lipasa es una enzima que libera emulgentes (mono y diglicéridos de ácidos grasos) a partir de las grasas que contiene la masa. Esto se traduce en un aumento de la fuerza de la masa, de la tolerancia en la fermentación y de la conservación. Suelen contener lipasas los complejos enzimáticos destinados a panes y produc-

tos de bollería de larga conservación. También reduce o sustituye los emulgentes.

En las masas que van a ser sometidas a un laminado está recomendado el uso de las lipasas debido a que éstas aumentan la capacidad de estiramiento y laminado por la formación de monodiglicéridos, los cuales no solamente actúan sobre la extensibilidad, sino también en el retraso en el envejecimiento del pan o bollo.

Oxidasas

• **Glucosa-oxidasa (GOX).** La glucosa oxidasa en abreviatura GOX es una enzima que en presencia de agua y oxígeno, cataliza la oxidación de la glucosa a ácido glucónico y peróxido de hidrógeno, es decir, agua oxigenada. Esta transformación favorece la oxidación de las proteínas, aumentando la tenacidad del gluten y reduciendo su extensibilidad. Su efecto es como el del ácido ascórbico: incrementa la retención de gas y aumenta el volumen del pan. Aunque a diferencia del ácido ascórbico, la glucosa-oxidasa actúa rápidamente durante el amasado, mientras que el ácido ascórbico sólo lo hace al final del amasado y durante la fermentación; esto conlleva una mayor fuerza desde el principio y una mayor absorción de agua.

Después del amasado la presencia de oxígeno sigue activa en la superficie de la masa. Como ya hemos dicho, la acción de la GOX cuando

interviene glucosa y oxígeno produce un compuesto oxidante: el peróxido de oxígeno (agua oxigenada). Esto produce, por un lado, una fuerte oxidación de la masa que repercute en el gluten aumentado la fuerza. Por otro lado, las recetas que contienen alto contenido en grasas, como por ejemplo el croissant y en general las masas fermentadas hojaldradas, son sometidas al proceso de congelación una vez fermentadas (bollería prefermentada), donde la masa esponjada y ya en fase de congelación el oxígeno del túnel mecánico de congelación oxida las grasas en contacto con la Gox y se produce un comienzo de oxidación de las grasas que continuará después en los días siguientes (aunque el producto esté perfectamente envasado), produciéndose un sabor rancio del producto. Por tanto hay que recordar que en la bollería prefermentada cuando se utilizan enzimas oxidasas hay que asegurarse que las grasas estén bien estabilizadas con aditivos antioxidantes para evitar el enranciamiento.

• **Sulfidril-oxidasa (SOX).** Durante el amasado, cuando el aporte de oxígeno es mayor en la masa, la sulfidril-oxidasa cataliza la oxidación del glutatión reducido. En una forma oxidada capaz de reforzar las propiedades reológicas de las masas

Glutatión es una pequeña molécula de proteína formada por aminoácidos presente en cantidad suficiente en la harina. ■