

	<i>Materias primas y procesos</i>	
	<b>TEMA 9 <u>Aditivos y coadyuvantes alimentarios</u></b>	<b>1ºCMPRC</b>

### Instrucciones

**Leer todo el tema y hacer un trabajo como se había acordado en clase para exponerlo cuando se reinicie la actividad lectiva presencial, contando desde el primer día.**

**El trabajo debe contener como mínimo:**

- **Tipos de aditivos utilizados en panadería, repostería y confitería.**
- **Función de esos aditivos.**
- **Usos de esos aditivos.**

**El día 24/03/17 se subirá otras actividades de repaso.**

### ***1. Introducción***

Aunque pueda parecer extraño, no han sido las industrias alimentarias actuales las que han tenido la iniciativa de inventar aditivos alimentarios, ya que estos componentes se vienen utilizando desde tiempos remotos. Ya los egipcios utilizaban colorantes naturales y los romanos sales y derivados del azufre como conservantes.

En la actualidad, el empleo de aditivos está mucho más extendido sobre todo en países industrializados donde el uso de aditivos alimentarios junto con las nuevas tecnologías han permitido la aparición de nuevos productos, que responden a la demanda de la sociedad actual.

Son muchas las razones tecnológicas, sanitarias, nutricionales, económicas y hasta psicológicas que justifican el empleo de aditivos alimentarios, pero aun así la legislación alimentaria controla el empleo de estas sustancias y limita las dosis permitidas en los distintos productos.

La salubridad de los aditivos es un tema muy discutido. Por esta razón los controles sanitarios que se realizan a estas sustancias son realmente estrictos y para que su uso esté autorizado deben aparecer en las denominadas “listas positivas”. Para aprobar la utilización de aditivos en los alimentos existen dos organismos:

- Comité de expertos FAO/OMS.
- Comité Científico para la Alimentación Humana (CCAH) de la UE

Estos organismos son los encargados de realizar la evaluación toxicológica y la elaboración de normas de inocuidad y pureza a través de estudios realizados en animales de experimentación, a diversas dosis y durante periodos prolongados.

El uso de aditivos se basa en una serie de principios:

- Deben responder a normas de inocuidad y pureza.
- Su empleo debe responder a una necesidad.
- Deben utilizarse respetando la dosis máxima autorizada.
- Deben estar escritos en las “listas positivas”
- Deben aparecer en las “listas de ingredientes”.
- No deben emplearse para enmascarar fallos del producto, ni para simular la falsa presencia de ingredientes, etc.

## *2. Definiciones*

### Aditivo

Según el Codex Alimentarius, aditivo es toda sustancia que no se consume normalmente, aunque tenga carácter alimenticio y que no es usada habitualmente como ingrediente característico de un alimento tenga o no tenga valor nutritivo y que se añade de forma intencionada a un alimento con un fin tecnológico y organoléptico.

### Coadyuvante o auxiliar tecnológico

Producto que no se consume como ingrediente alimentario pero que se emplea de forma intencionada en el tratamiento de los alimentos, pero que una vez realizada la acción, desaparece y en consecuencia no permanece en el producto final, o si lo hace es en cantidades despreciables y sin acción tecnológica alguna.

### Enriquecedores

Son nutrientes que se añaden intencionadamente a los alimentos para aumentar su valor biológico y/o su valor nutritivo.

### Mejorante

Mezcla de ingredientes y aditivos, que se utilizan principalmente en procesos de panadería y bollería con el fin de aumentar la calidad del producto final y favorecer las condiciones durante la elaboración de la masa. Se componen básicamente de las siguientes sustancias:

- Oxidante
- Emulgentes
- Enzimas
- Excipientes

## *2. Funciones de los aditivos:*

- ✚ Permitir el acceso de alimentos a un mayor número de consumidores, ya que el empleo de algunos aditivos ha permitido abaratar los costes de fabricación
- ✚ Regular y ampliar las producciones de alimentos pudiendo disponer de ellos en cualquier época del año, sin importar la estacionalidad.
- ✚ Alargar los tiempos de conservación de los productos.
- ✚ Asegurar la textura y consistencia de los alimentos, garantizando su estabilidad
- ✚ Mejorar las cualidades organolépticas del alimento (sabor, aroma, color, etc.)

## *3. Aditivos empleados en panificación y repostería*

La legislación española vigente, sobre aditivos admite 24 categorías o clases distintas, pero dentro del sector de panadería-pastelería destacan las siguientes:

- Conservantes
- Antioxidantes
- Emulgentes
- Sustancias oxidantes
- Sustancias reductoras
- Edulcorantes
- Espesantes
- Colorantes
- Aromatizantes y saborizantes
- Enzimas

## *4. Conservantes*

Son aditivos que se emplean para evitar el deterioro microbiológico de los alimentos, ocasionado principalmente por la acción de bacterias, mohos y levaduras, que provocan pérdida de la consistencia, aparición de olores y sabores extraños y transmisión de toxiinfecciones alimentarias. Los conservantes, por tanto, dan estabilidad y seguridad al alimento.

### **Efecto de los conservantes sobre los microorganismos:**

- ✚ El principal efecto que ejercen se base en la destrucción de la membrana microbiana evitando así que el microorganismos desarrolle sus funciones de intercambio nutritivo con el exterior.
- ✚ Otros conservantes limitan la síntesis de sustancias esenciales en el crecimiento del organismo evitando su multiplicación.
- ✚ También pueden actuar bloqueando grupos reactivos necesarios para el desarrollo microbiano.

No todos los conservantes actúan por igual y con la misma eficacia sobre los distintos microorganismos, sino que lo hacen en función de su especificidad.

Algunos de los aditivos conservantes más empleados dentro del sector de panadería y pastelería son:

- ✚ [Ácido sórbico \(E-200 y sorbatos de sodio \(E-201\), potasio \(E-202\) y calcio \(E-203\)](#)

Es eficaz sobre bacterias y levaduras y en menor medida sobre mohos, ya que estos últimos pueden metabolizar el ácido sórbico y no son inhibidos.

Su acción es mayor a pH bajos; este hecho es importante sobre todo en la elaboración de masas moderadamente básicas (masas batidas)

Existen restricciones en la utilización de este conservante en las masas que se someten a un proceso de fermentación debido a su efecto inhibitor sobre la acción de las levaduras; este problema se soluciona, aumentando la cantidad de levadura a emplear. También es habitual utilizar este conservante pulverizado sobre la superficie del producto, tras el proceso de cocción.

Se emplea principalmente en panes de larga duración (pan de molde, pan de hamburguesas,...en bollería (brioche, pan de leche, suizos,...), etc.

- ✚ [Ácido propiónico \(E-280\) y propionatos de sodio \(E-281\) y calcio \(E-282\)](#)

Los propionatos, son muy activos frente a mohos y en menor medida frente a levaduras y bacterias, aunque sí atacan a las bacterias responsables del “ahilamiento del pan”.

Por estas razones es el conservante más utilizado en el sector, principalmente en la elaboración de panes de larga duración.

Se incorporan en pequeñas dosis junto al resto de ingredientes, al elaborar las masas. Al igual que los sorbatos, estos son más activos a pH bajos.

## 5. Antioxidantes

La oxidación lipídica, es uno de los principales mecanismos de degradación de los alimentos. Afecta a productos deshidratados, productos de pastelería y bollería e incluso a aquellos que poseen poca cantidad de grasas, como es el caso de las harinas.

El enranciamiento de las grasas se produce de forma espontánea, en presencia de oxígeno y se ve favorecido por factores tales como las altas temperaturas, la exposición al sol y la presencia de sustancias catalizadoras (metales pesados).

La rancidez disminuye la calidad del alimento desde el punto de vista organoléptico (sabores y olores “a rancio”, colores oscuros) y nutritivo (pérdidas de vitaminas liposolubles).

Los antioxidantes no eliminan el desarrollo de esta alteración, pero si la retrasan en el tiempo, pasando de días a meses. Este efecto se consigue porque los antioxidantes se unen a los radicales libres (responsables del inicio de la reacción), bloqueando de esta manera la propagación en cadena. Debido a su forma de actuar dentro del producto, los antioxidantes serán efectivos sólo en aquellos productos donde no haya comenzado el proceso de enranciamiento. Por lo tanto los antioxidantes son aditivos que deben utilizarse de manera preventiva ya que no serán efectivos en productos ya enranciados.

Frecuentemente los antioxidantes suelen encontrarse en combinación con otros, ya que de esta manera funcionan mejor que la equivalencia cuantitativa de cualquiera de ellos por separado. También suelen emplearse en combinación con métodos que limiten los factores pro-oxidantes anteriormente mencionados: envases adecuados (con ausencia de oxígeno, opacos...) y lugar de conservación óptimo (seco y fresco)

Algunos de los antioxidantes más utilizados son:

### [Tocoferoles: \$\alpha\$ tocoferol \(E-307\) y \$\gamma\$ tocoferol \(E-308\)](#)

Son los antioxidantes más abundantes en la naturaleza, presentes en un gran número de alimentos, sobre todo en las grasas vegetales.

Son sustancias liposolubles, que pueden ser alteradas por el efecto del calor, por lo que no son muy recomendables en productos que se someten a cocción. Se emplean fundamentalmente en alimentos grasos y alimentos dietéticos.

### [BHA \(Hidroxianisolbutilado\) \(E-320\) y BHT \(Hidroxitoluenobutilado\) \(E-321\)](#)

Son dos antioxidantes de síntesis química, especialmente eficaces en combinación con algunos antioxidantes como por ejemplo los galatos; sin embargo en alimentos ricos en tocoferoles su acción es escasa. Son estables frente a las altas temperaturas aunque en el caso de aceites con BHA, pueden aparecer sustancias con olor fenólico desagradable, durante la fritura.

#### ✚ Ésteres de Galato: Galato de propilo (E-310) y galato de dodecilo (E312)

Estos antioxidantes se utilizan en productos que no sean sometidos al calor, puesto que pierden efectividad bajo las altas temperaturas. Suelen emplearse en combinación con otros antioxidantes como el BHA, ya que combinados experimentan **sinergismo**.

## 6. Emulgentes

Los emulgentes son sustancias que constan de una parte lipófila, o hidrófoba, y una parte hidrófila. La principal función de estos productos es la de facilitar la formación y estabilización de emulsiones, al situarse en la interfase y orientar su parte hidrófoba hacia las zonas no polares de la misma (lípidos o aire) y su parte hidrófila hacia las zonas polares (agua), con la consiguiente reducción de la tensión superficial, y por tanto las fuerzas que mantienen a las dos fases separadas.

En panadería y pastelería podemos encontrar tres tipos de sistemas con dos fases. En ciertas masas o batidos podemos encontrar una fase polar continua, constituida por una solución acuosa de sales, azúcares, proteínas, etc., y una fase discontinua y no polar constituida por grasas o aceites. También es frecuente la formación de espumas, en las que la fase continua puede ser lipídica o acuosa, mientras que la fase discontinua está formada por numerosas burbujas de aire. Por último encontramos dispersiones de componentes insolubles, como gránulos de almidón, proteínas del gluten, etc., en una fase continua acuosa.

Las funciones de los emulgentes son complejas y variadas pero se pueden resumir en las siguientes:

- Facilitan la formación y estabilización de mezclas de agua y componentes lipídicos.
- Facilitan la incorporación y subdivisión de burbujas de aire en la fase líquida.
- Suavizan la miga y retrasan el endurecimiento de los productos.
- Refuerzan la masa y permiten una mayor retención de CO<sub>2</sub> y la obtención de producto con mayor volumen.

Todos los emulgentes cumplen estas funciones, sin embargo unos se comportan mejor como reforzantes de la masa, otros como agentes antiendurecimiento y otros facilitando las emulsiones. Por tanto en función de nuestras necesidades deberemos elegir el emulgente adecuado.

En primer lugar debemos conocer cada uno de los efectos de los emulgentes:

### a) Formación de emulsiones

En principio los emulgentes actúan reduciendo la tensión superficial entre las fases y facilitando, por tanto, la formación de la emulsión. Se ha comprobado que, en batidos, la adición de emulgentes reducía la tensión superficial y el tamaño final de las gotas de grasa. Este efecto lo consiguen todos los emulgentes, sin embargo no todos lo hacen en la misma medida, y parece que las diferencias entre los distintos emulgentes se deben más a su parte hidrófila que a su parte lipófila.

En las emulsiones es necesario tener en cuenta su estabilidad. Si una emulsión se deja en reposo las burbujas suelen ascender a la superficie, fenómeno denominado cremado, como ocurre con la fracción de grasa de la leche. La velocidad de este ascenso es inversamente proporcional al tamaño de las gotas de grasa. Se sabe que la utilización de emulgentes reduce el tamaño de estas gotas por lo que ayuda a estabilizar las emulsiones.

La emulsión también puede romperse por fenómenos de coalescencia, o agrupación de gotas de grasa. En este caso no todos los emulgentes son tan efectivos, y los mecanismos de actuación son más complejos. Por tanto, en el caso de que se pretenda crear una emulsión estable deberemos elegir emulgentes con un gran potencial para reducir la tensión superficial, pero que a su vez reduzcan los fenómenos de coalescencia.

### b) Formación de espumas

Las espumas consisten en la incorporación de pequeñas burbujas de aire en una fase acuosa. Su formación y estabilización se rige por normas similares a las comentadas en las emulsiones. El efecto de los emulgentes en los procesos de espumado también es similar al estudiado en el caso de emulsiones, con la diferencia de que la parte hidrófoba se orienta hacia la fase gaseosa.

En muchas formulaciones de pastelería y bollería la función del emulgente la ejerce una proteína, normalmente la clara de huevo. Las proteínas tienen grupos hidrófobos e hidrófilos, en función de su composición en aminoácidos. En situaciones normales los grupos hidrófobos se colocan hacia el interior de la molécula proteica, mientras los grupos hidrófilos se colocan en el exterior, en contacto con un medio polar. Cuando a través de las operaciones de batido o amasado se incorpora aire a la masa, las moléculas proteicas se despliegan, situando las zonas hidrófobas hacia la fase gaseosa a la vez que las zonas hidrófilas permanecen en contacto con la fase acuosa, estabilizando la espuma.

La presencia de aceite puede ralentizar la formación de espumas, ya que estas moléculas tienden a colocarse en la interfase aire/agua antes de que lo hagan las proteínas, con lo que impiden su desdoblamiento y la formación de la espuma. Para impedir este fenómeno es necesario incorporar el aceite una vez se haya formado la espuma.

La incorporación de aire en las masas es fundamental en la elaboración de bizcochos, magdalenas y otras elaboraciones. En panificación la aparición de un alveolado fino y uniforme dependerá en parte de este proceso, aunque en algunos panes se prefiere un alveolado más grueso e irregular, como el caso de la chapata. En muchos procesos industriales no es posible añadir el aceite una vez formada la espuma y este debe incorporarse antes. Los emulgentes se asocian a los lípidos, aislándolos de la interfase aire/agua y potenciando el efecto de las proteínas en la espuma.

En algunos productos, como determinadas galletas, se produce una incorporación del aire a una fase lipídica. En este caso los emulgentes ayudan a crear una distribución de las burbujas de aire más fina y homogénea, lo que se traduce en un producto final con un grano más fino. En algunas masas batidas, tipo bizcocho, también se persigue la incorporación del aire a una fase grasa. Si se usa un aceite vegetal, en vez de una grasa plástica, se obtienen productos más frescos y con mayor vida útil, sin embargo las grasas vegetales no son las más aptas para retener aire. Se ha comprobado que la adición de emulgentes a los aceites vegetales, antes de incorporarlos al batido, mejora la retención de aire y da productos con mejor textura y volumen mayor.

#### c) Efecto antiendurecimiento

El fenómeno del endurecimiento del pan no se conoce todavía con detalle aunque se sabe que está relacionado con los fenómenos de retrogradación del almidón. Algunos emulgentes, como el glicerol monoestearato, pueden retrasar el endurecimiento del pan al impedir los fenómenos de retrogradación del almidón.

#### d) Efecto reforzante de la masa

Algunos autores defienden el hecho de que ciertos emulgentes interactúan con el gluten incrementando el número de puentes de hidrógeno, y reforzando así su estructura.

Los emulgentes también interaccionan con el almidón incrementando su temperatura de gelatinización. En el proceso de horneado las masas aumentan de volumen hasta que se produce el colapso de la estructura debido a la gelatinización del almidón. Por tanto la adición de emulgentes retrasa el momento de la gelatinización del almidón y las masas pueden expandirse algo más. De esta forma los emulgentes también pueden contribuir a un aumento del volumen de los productos.

### *Tipos de emulgentes*

Antes de hablar de la estructura de los diferentes emulgentes, debe quedar claro que los productos que se encuentran en el mercado no son puros sino mezcla de multitud de compuestos. Esto es fácil de comprender si pensamos que en la elaboración de un emulgente se usan lípidos,

cuya composición en ácidos grasos tampoco es constante. No obstante su denominación se refiere a la parte mayoritaria

La parte hidrófoba de los emulgentes suele corresponder a una cadena larga de un ácido graso procedente de algún aceite o grasa. La parte hidrófila puede ser no iónica, como el glicerol, aniónica (cargada negativamente) o anfotérica (que presenta tanto carga negativa como positiva). Existen emulgentes catiónicos que suelen presentar efecto bactericida, sin embargo no se usan en alimentación por problemas toxicológicos.

#### [Monoglicéridos y diglicéridos \(E-471\)](#)

Son los emulgentes más utilizados en la industria panadera. Su principal función consiste en retrasar el endurecimiento del pan y alargar su vida útil. No obstante también cumple otras funciones como reforzante de la masa o facilitando la creación de emulsiones y espumas.

Químicamente son ésteres de glicerol y ácidos grasos. Su estado físico y propiedades dependerán de los ácidos grasos presentes en su composición.

Las propiedades funcionales mejoran cuando el porcentaje de monoglicéridos es mayor y cuanto más saturados sean los ácidos grasos, y por tanto más sólida sea su textura. En cuanto a las formas de presentación podemos encontrarlos en forma plástica, hidratada o en polvo y escamas. La forma plástica es más barata, la hidratada presenta mejores propiedades funcionales y la forma en polvo o en escamas es más fácil de aplicar y se adapta mejor a la elaboración de mixes.

Es necesario extremar el cuidado en la dosificación de estos emulgentes ya que un exceso puede dar panes con alveolado irregular y grosero.

#### [Ésteres de poliglicerol \(E-475\)](#)

Existe una amplia variedad de ésteres de poliglicerol, en función de sus ácidos grasos y del grado de esterificación, de forma que podemos obtener productos con diferentes balances hidrófilo/lipófilo. Su principal aplicación se centra en la elaboración de productos tipo bizcocho, donde ayudan a la incorporación de aire, a la estabilización de la emulsión y a obtener una textura y volumen final adecuados. También se usan en la elaboración de cremas y rellenos.

#### [Mono y diglicéridos etoxilados](#)

Se obtiene al hacer reacciones los monoglicéridos con óxido de etileno. El producto resultante es un emulgente no iónico con marcado carácter hidrófilo. Tiene aplicación como reforzante de la masa, sin embargo su potencial como agente antiendurecimiento es escaso. Para solucionar esta debilidad se han usado mezclas de este emulgente con monoglicéridos.

#### [Ésteres de alcoholes polihídricos](#)

Además del glicerol podemos usar otros alcoholes como base para la obtención de emulgentes. Así se pueden encontrar en el mercado ésteres del propilenglicol o del sorbitol, como el sorbitán

monoestearato. Estos ésteres pueden, a su vez, reaccionar con óxido de etileno para obtener nuevos emulgentes etoxilados.

Este grupo de emulgentes tiene unas propiedades similares, son de naturaleza más hidrófila que los monoglicéridos y tienen su principal aplicación en la elaboración de bizcochos y masas batidas.

#### [Ésteres de mono y diglicéridos con el ácido diacetil tartárico \(E472e\)](#)

Este compuesto, más conocido como DATEM, es un emulgente aniónico con un balance muy equilibrado entre grupos hidrófilos e hidrófobos. Debido a este balance se disuelve muy bien tanto en agua como en aceite, por lo que su dispersión en la masa es perfecta. Aunque actúa como agente antiendurecimiento, su principal función es como reforzador de la masa. Es sin duda el emulgente usado en panificación con un efecto más claro como mejorante de la masa. El DATEM mejora la mecanización de las masas y fundamentalmente ayuda a obtener panes con un mayor volumen final. Este efecto es más notorio en fermentaciones largas o en procesos en los que las piezas sufran situaciones de estrés en su parte final.

#### [Succinil monoglicérido](#)

Este emulgente se obtiene al reaccionar un monoglicérido con anhídrido succínico. Es un emulgente aniónico con problemas de solubilidad en agua fría, sin embargo puede disolverse en aceites vegetales en caliente. Su efecto más importante es el de reforzar las masas y suele usarse en combinación con monoglicéridos para potenciar el efecto antiendurecimiento.

#### [Acil lactilatos \(E-481\) \(E-482\)](#)

Al reaccionar ácido esteárico con ácido láctico, y neutralizarlo con sales sódicas o cálcicas, obtenemos el estearil lactilato sódico (SSL) y el estearil lactilato cálcico. El SSL es bastante soluble en agua, sin embargo la sal cálcica es prácticamente insoluble en agua, aunque es soluble en aceite. La principal aplicación de estos emulgentes es el reforzamiento de la masa, mejorando las condiciones de la misma durante su manejo, la resistencia a condiciones de estrés, la estructura de la miga y el volumen del producto final, en los casos en que sea necesaria su adición. La forma sódica es mucho más usada que la cálcica por su solubilidad y mejores propiedades.

Estos emulgentes no actúan bien a la hora de formar emulsiones en sistemas acuosos, debido a su carácter hidrófobo, sin embargo su efecto es mucho más positivo en sistemas aceitosos, cuando se pretende formar una emulsión.

#### [Sodio estearil fumarato](#)

Se obtiene de la reacción entre ácido esteárico y ácido fumárico. Este compuesto debería tener las mismas propiedades reforzantes que el SSL pero en la práctica no es así, por lo que no ha tenido éxito comercial. Algunos autores defienden que interactúa con las proteínas y el almidón en las primeras fases del proceso, dando un gluten más elástico y manejable que mejora las características de la masa en el procesado. No es soluble en agua fría pero sí en agua caliente y aceites vegetales.

## [Lecitinas \(E-322\)](#)

Este emulgente fue el primero que se usó de manera masiva en la industria de bollería y pastelería. Su principal aplicación se encuentra en la formación y estabilización de batidos. Si pretendemos reforzar la masa o alargar la vida útil del pan podemos encontrar otros emulgentes con mejores propiedades.

La lecitina es un subproducto del procesado del aceite de soja que ha sido purificado y blanqueado. El balance hidrófilo/hifrófobo está entre 9 y 10 por lo que es capaz de formar emulsiones tanto de aceite en agua como de agua en aceite, aunque ninguna será muy estable.

## *7. Oxidantes*

El uso de oxidantes en los procesos de panificación es habitual desde la segunda mitad del siglo XX y ha sido estudiado con detalle. Se sabe que ciertos niveles de oxidación en la harina y las masas pueden favorecer los procesos panaderos y la calidad final del pan. Esta oxidación se puede producir de manera natural, al dejar reposar la harina un cierto tiempo, o aireándola, o con largos períodos de amasado. Los agentes oxidantes tienen la misión de acelerar o facilitar este proceso.

Los sistemas de panificación antiguos, con amasados prolongados y procesos muy manuales no requerían el uso de oxidantes, o al menos estos no resultaban imprescindibles. Sin embargo las condiciones actuales, con el uso de harinas de molturación reciente, procesos rápidos, tanto en el amasado como en la fermentación, y la mecanización de los procesos hacen cada vez más imprescindible el uso de ciertos agentes oxidantes. Estos oxidantes pueden ser añadidos por el propio harinero o bien en el obrador. De hecho la mayoría de los mejorantes comerciales contienen una cierta cantidad de agentes oxidantes. No obstante hay que dejar muy claro que el uso de oxidantes dependerá del tipo de pan que se pretenda elaborar. Así para la realización de un pan de molde con un proceso de amasado rápido y altamente mecanizado, en el que pretendamos conseguir un pan con un grano muy fino y uniforme el uso de oxidantes será prácticamente imprescindible. Sin embargo en la elaboración de una hogaza con un proceso muy manual y largos amasados podemos eliminar de la formulación los oxidantes siempre que elijamos la harina adecuada. En los procesos con fermentación controlada o en la elaboración de masas congeladas también resulta de gran ayuda el empleo de los oxidantes.

En general los procesos de oxidación producen masas más fuertes, menos pegajosas y más resistentes a las situaciones de estrés producidas en los procesos, como la división, el moldeado o el

incremento de volumen en la fermentación. Por otro lado el empleo de oxidantes incrementa la subida de volumen de las piezas en el horno y facilita la obtención de productos con una miga más blanca, alveolado más pequeño y regular y una corteza más uniforme. El uso de oxidantes se manifiesta en el alveograma a través de un aumento de la tenacidad (P) y la fuerza (W) de las masas, y un descenso de la extensibilidad (L) mientras que en el reofermentograma se aprecia un aumento en la retención de gas.

Aunque existen varias teorías sobre los efectos de la oxidación en el proceso de panificación, parece que el principal está relacionado con la creación de puentes disulfuro (SS) a partir de los grupos sulfhidrilo (SH) presentes en la red de gluten, con el consiguiente reforzamiento de la masa. Otros grupos también pueden afectar a este comportamiento, como los puentes de hidrógeno o los lípidos.

Como siempre que se usa un aditivo éste debe regularse muy cuidadosamente y pueden existir problemas de sobre-dosificación. En este caso podemos tener masas demasiado fuertes y rígidas, que se rompen en las operaciones de división o formado de las barras y que no son capaces de hincharse en la fermentación, o que se rompen en este proceso. Por tanto una sobre-oxidación puede producir panes de poco volumen, con una estructura de la miga basta y con muestras de rotura en la corteza.

### *Elección del oxidante adecuado*

En primer lugar se debe decidir si el empleo de un oxidante es necesario para nuestro proceso, y como ya se ha dicho para ello será necesario tener características que busquemos en el producto final. Una vez que decidimos utilizar un oxidante en el mercado existen muchas posibilidades como los bromatos, yodatos, la azodicarbonamida (ADA) o el ácido ascórbico (E-300). El primer factor que debemos considerar es la legislación vigente en cada país, y así en España el uso de oxidantes en panificación se haya restringido al ácido ascórbico ya que el uso del resto de oxidantes está prohibido por la legislación alimentaria. En este apartado vamos a comentar brevemente las diferencias básicas entre los distintos oxidantes, ya que es posible su uso en distintos países, centrándonos en la utilización del ácido ascórbico.

El principal factor a la hora de elegir un oxidante es la velocidad de actuación

- Los yodatos tienen una acción muy rápida y ejercen su efecto, principalmente, tras el amasado y antes de la fase de fermentación, es decir, durante los reposos, división, moldeado y formado de la pieza.
- Los bromatos son oxidantes de acción lenta e incrementan su efecto a medida que cae el pH de las masas y sube la temperatura. Su efecto más importante se nota en la

fermentación, el traslado de las masas en cintas hasta el horno y en las primeras fases del horneado.

- La azodicarbonamida tiene una acción inicial rápida que va decreciendo en el tiempo, aunque su efecto es más prolongado que en el caso de los yodatos.
- EL ácido ascórbico comienza su acción oxidante en las últimas fases del amasado y se mantiene con una intensidad casi constante hasta las primeras fases del horneado. Este oxidante es por tanto el de efecto más prolongado a lo largo del proceso.

Así en procesos muy rápidos con amasado continuo puede ser interesante usar oxidantes rápidos, como yodatos, mientras que en elaboraciones con un alto contenido en fibra, en las que se produce un debilitamiento de la masa en las últimas fases del proceso, o en procesos más largos son preferibles los oxidantes lentos, como bromatos. En algunos casos es necesario utilizar una mezcla de oxidantes para obtener un efecto más continuado a lo largo de todo el proceso. En estos casos también pueden aparecer efectos sinérgicos entre los distintos oxidantes empleados. No obstante es necesario realizar pruebas específicas, adaptadas a cada proceso y formulación, para elegir tanto el tipo de oxidante como la dosis que más se ajuste a cada necesidad.

Otro punto importante a la hora de elegir un oxidante es el riesgo de sobre-dosificación. Los yodatos son especialmente problemáticos en el caso de que se excedan las dosis recomendables, mientras que los bromatos y la azodicarbonamida son algo menos críticos y un ligero exceso es mejor tolerado por la masa. Sin embargo el oxidante que presenta una mayor tolerancia es el ácido ascórbico. De forma que para encontrar problemas con la dosificación excesiva de ácido ascórbico debemos llegar a niveles superiores a 200 ppm., cuando lo normal es usarlo en niveles de 25-100 ppm.

Como ya se ha comentado el único oxidante permitido por la legislación española es el ácido ascórbico. El ácido ascórbico es conocido por su potencial reductor por que en principio sorprende su empleo como oxidante en los procesos de panificación. La explicación de este fenómeno es sencilla y se basa en que el ácido ascórbico se oxida en las primeras fases del proceso, concretamente en el amasado, gracias a la presencia de oxígeno y de la enzima ácido-ascorbicoxidasa presente en la harina, generando ácido dehidroascórbico y agua. A su vez el ácido dehidroascórbico formado reacciona con grupos sulfhidrilo, en presencia de la enzima ácido-dehidroascórbicoreductasa, transformándolos en enlaces disulfuro, por lo que actúa como un oxidante. Esta reacción es cíclica, lo que explica el efecto continuado del ácido ascórbico a lo largo del proceso. Estas reacciones pueden ser catalizadas por iones metálicos, como hierro o cobre, o por diversos enzimas presentes en la masa, o bien por ambos. Como consecuencia de estos fenómenos se observa un efecto reductor en las primeras fases del proceso (amasado),

similar al obtenido por otros reductores, como L-cisteína o glutatión, seguido de un efecto oxidante en las fases del moldeado, formado y fermentación, llegando hasta las primeras fases del horneado.

Se ha comprobado que no existen restos de ácido ascórbico (vitamina C) en el producto final ya que en el proceso de horneado se transforma en CO<sub>2</sub> y en diversos ácidos solubles en agua. Por tanto el pan no puede utilizarse para un enriquecimiento de las dietas en vitamina C.

En la actualidad se están empezando a utilizar diversas enzimas oxidantes para reforzar las masas y es posible que en un futuro próximo sea habitual su uso en la industria panadera.

## *8. Reductores*

Los reductores constituyen un grupo de aditivos que provocan en las masas el efecto contrario al explicado en los oxidantes. Los reductores aumentan la extensibilidad de las masas reduciendo su fuerza, su tenacidad y la extensibilidad de las mismas. Su efecto se centra en las fases del amasado y manejo de las masas (división, moldeado y formado). El uso de este tipo de aditivos es poco frecuente en nuestro país debido al tipo de harinas empleadas y a los procesos utilizados, sin embargo puede ser útil en masas que sufren estiramientos severos tras los cuales se pueden producir fenómenos de retracción, como la elaboración de baguettes, hojaldre o masas para pizzas. Además de reducir los fenómenos de retracción de la masa los reductores tienen un efecto significativo en el tiempo de amasado y pueden ser usados en procesos industriales con harinas fuertes para reducir el tiempo empleado en esta fase.

El empleo de reductores debe realizarse con sumo cuidado ya que dosis excesivas pueden provocar masas pegajosas de difícil manejo y con escasa capacidad para retener gas, dando panes de escaso volumen, miga con alveolado grueso e irregular y aspecto indeseable. Por tanto será preferible usar una harina adecuada a las necesidades del proceso siempre que sea posible.

El uso de reductores en la elaboración de galletas supone un caso especial. Estos procesos parten de fórmula con baja humedad en las que las masas deben ser laminadas repetidamente, a través del paso entre parejas de rodillos, para alcanzar el grosor adecuado, tras lo cual la masa es cortada y horneada. Si no se usaran reductores, normalmente metabisulfitos, la masa tendería a contraerse en el horno dando piezas irregulares con formas ovaladas. Por tanto el uso de reductores en la elaboración de cierto tipo de galletas es prácticamente imprescindible.

La explicación bioquímica al efecto de los reductores sobre la masa se basa en lo ya comentado para los oxidantes, pero al contrario. Es decir, los reductores facilitan la rotura de puentes disulfuro y la aparición de grupos tiol libres, por lo que rompe la estructura del gluten debilitándolo.

En el mercado podemos encontrar tres productos que actúan como reductores y cuyo uso está permitido en este tipo de productos: la L-cisteína (E-920), el glutatón y varias sales de bisulfito, como el metabisulfito sódico (E-223). Estas últimas son utilizadas principalmente en galletería, mientras que en procesos de panificación se suelen utilizar las dos primeras. La L-cisteína es un aminoácido, y como tal se encuentra en una amplia variedad de proteínas naturales, sin embargo la forma comercial suele ser de origen sintético. El glutatón es un tripéptido con ácido glutámico, cisteína y glicina. Este producto se obtiene a partir de células de levadura, tras su muerte y autólisis (rotura), lo cual explica el hecho de que al añadir a las masas levadura “pasada” se observe un debilitamiento de las masas. En la harina también existe glutatón pero en concentraciones muy bajas.

Aunque parezca un contrasentido es posible que en algunos procesos sea interesante utilizar una mezcla de oxidantes y reductores. En estos casos se busca un efecto rápido de los agentes reductores en las primeras fases de amasado, y un efecto de los oxidantes al final del amasado, en la fermentación y al comienzo del horneado, para lo que será necesario utilizar oxidantes de acción lenta.

En los últimos años existe una tendencia a la sustitución de los aditivos en las masas, incrementándose en gran medida el uso de enzimas. Diversas investigaciones han demostrado que las proteasas pueden conseguir efectos similares a los obtenidos con los reductores, sin embargo el mecanismo de actuación es diferente y el control de sus reacciones algo más complicado. Los reductores tienen un efecto rápido y centrado en un momento concreto (amasado), deteniendo su actividad tras esta fase reactiva. Sin embargo las proteasas aunque comienzan a actuar en las primeras fases del proceso no detienen su actuación hasta que son inactivadas, fenómeno que se suele producir en el horneado.

## ***9. Edulcorantes***

Muchos de los productos de bollería y pastelería se caracterizan por su dulzor y la presencia en su composición de distintos azúcares. Estos azúcares pueden incorporarse bien en las masas o bien en las distintas coberturas o cremas utilizadas. Sin embargo la ingesta de azúcar (sacarosa) puede representar algunos problemas nutricionales. Los posibles problemas asociados al consumo de sacarosa son los siguientes:

- Gran aporte calórico. En esta caso hay que señalar que los hidratos de carbono, entre los que se encuentra la sacarosa, aportan 4 cal/g. al igual que las proteínas, aunque menos de la mitad del aporte calórico de las grasas (9cal/g.)
- Posibilidad de provocar caries dental. La sacarosa es metabolizada por la flora bacteriana bucal y convertida en ácidos que reducen el pH desmineralizando el esmalte de los dientes. Este problema puede resolverse fácilmente con una adecuada salud dental, limpiezas y visitas periódicas al odontólogo.
- No pueden tomarla los enfermos diabéticos. El metabolismo de la sacarosa requiera insulina, hormona que este tipo de enfermos no sintetiza adecuadamente.
- El consumo de sacarosa se ha relacionado con debilidades óseas en niños pequeños, mayor incidencia de arteriosclerosis e infarto de miocardio, así como úlcera de estómago. Todos estos problemas pueden solucionarse con una dieta equilibrada, sin un sobreconsumo de sacarosa.

Por tanto los industriales se plantean la necesidad de elaborar productos similares a los originales pero con un menor contenido en sacarosa, o sin ella. Estos productos han tenido un gran auge en el mercado debido a una creciente demanda de los consumidores. Si nos planteamos sustituir el azúcar de una formulación previamente debemos conocer las funciones que el azúcar tiene, tanto en el proceso como en el producto final:

- La sacarosa proporciona sabor dulce y agradable al producto final.
- La sacarosa constituye un substrato para las levaduras, y por tanto ayuda a la producción de CO<sub>2</sub>, y al incremento del volumen de las masas fermentadas. Este efecto carece de importancia en masas sin presencia de levadura biológica.
- La sacarosa, a través de su interacción con otros componentes de la fórmula, juega un papel fundamental en la textura y volumen del producto elaborado. La presencia de sacarosa, en la proporción correcta, facilita la obtención de producto con una miga más suave y tierna, a la vez que contribuye a la incorporación de aire en los batidos.
- La sacarosa a través de la reacción de Maillard, entre azúcares y aminoácidos, y de las reacciones de caramelización de los azúcares, tiene una gran influencia en el color y aroma del producto final.
- La sacarosa reduce la actividad de agua en los productos y, por tanto, aumenta la vida útil de los mismos.

Para obtener un producto con un bajo contenido en sacarosa podemos optar por dos vías: adaptar la fórmula a nuestras necesidades o sustituir la sacarosa por otros productos. La primera vía sólo puede conseguirse con pequeñas reducciones en el contenido de azúcares y es difícil conseguir productos similares a los originales, por tanto lo más normal es buscar que cumpla

todos los requisitos necesarios por sí sólo. Así mientras productos como los edulcorantes intensivos pueden conseguir un dulzor similar al de la sacarosa, no son capaces de ejercer la acción texturizante de ésta, ni tienen la influencia en el color final. Por otro lado productos como los polioles, que sí que tienen ese efecto texturizante, no poseen, en la mayoría de los casos, el poder edulcorante de la sacarosa.

Cuando se utiliza un sustituto de la sacarosa se debe tener en cuenta, en primer lugar, nuestro objetivo. Si se desea obtener un producto con bajo nivel calórico, que no provoque caries y tolerado por los diabéticos el sustituto utilizado debe reunir estas condiciones. Por otro lado es necesario tener en cuenta algunas características:

- 1. Estado legal.** Cualquier producto que se utilice como sustituto del azúcar debe estar aprobado por la legislación del país correspondiente.
- 2. Sabor.** Los sustitutos del azúcar no suelen tener el mismo perfil gustativo que la sacarosa. Algunos tienen un poder edulcorante inferior al de la sacarosa y deben ser complementados con otros. Un problema más grave lo constituye el hecho de que algunos edulcorantes dejan cierto regusto amargo o metálico que el consumidor suele rechazar. También es importante evaluar la persistencia de estos sabores en el tiempo. No es válido hacer una evaluación de estos perfiles en el producto puro sino que deberá hacerse a través del producto a elaborar ya que ciertas condiciones del proceso, y en especial las altas temperaturas, pueden modificar el perfil gustativo de estos productos. También es posible que ciertos sabores pueden enmascarse o potenciarse al interaccionar con otros componentes de la fórmula.
- 3. Estabilidad.** Los sustitutos de la sacarosa deben ser estables durante el proceso. Este punto está en relación con el anterior, ya que algunos edulcorantes se descomponen en el proceso del horneado y no aportan el sabor dulce perseguido en el producto final.
- 4. Solubilidad.** Los edulcorantes deben disolverse bien en agua para poder conseguir una distribución homogénea de los mismos en todo el producto. De lo contrario obtendríamos un producto final con zonas insípidas frente a otras con sabores excesivamente intensos.
- 5. Características nutricionales.** El aporte calórico de estos productos debe ser lo más bajo posible, siempre que se pretendan obtener productos bajos en calorías. Se debe comparar el aporte calórico de la cantidad de sustituto necesario con la de la cantidad de sacarosa sustituida.
- 6. Coste.** En todo proceso, tanto industrial como artesanal, el coste de los productos es uno de los factores más importantes a la hora de tomar una decisión. Al igual que en caso anterior es necesario comparar el coste de la cantidad de sustituto necesaria frente a la cantidad de sacarosa u otro sustituto alternativo. Si bien es necesario tener en cuenta que

los productos “light” o bajos en calorías tienen un valor añadido que se traduce en su precio de mercado.

De entre los posibles sustitutos del azúcar podemos distinguir dos tipos, basándonos en la función que realizan, los edulcorantes intensivos y los agentes de carga, o de volumen. Los primeros tienen como efecto principal el de endulzar los productos, mientras que los segundos sustituyen al azúcar para conseguir los efectos sobre la textura y el volumen final de los productos

### ***Edulcorantes intensivos***

Son productos que tienen un poder edulcorante muy superior al de la sacarosa, entre 30 y 500 veces en la mayoría de los casos. Por tanto pueden conseguir un efecto edulcorante similar al de la sacarosa con la adición de una cantidad mucho menor. Estos productos se están usando ampliamente en la elaboración de bebidas refrescantes, chicles o golosinas. Sin embargo en los productos de pastelería y bollería no pueden sustituir a la sacarosa por sí solos, ya que los productos obtenidos con ellos presentan una textura deficiente, volumen escaso y diferencias en el sabor y el aroma importantes frente al original. No obstante los edulcorantes intensivos pueden ser una opción interesante para complementar a algunos agentes de carga con menor poder edulcorante que la sacarosa, o en elaboraciones en las que el efecto texturizante de la sacarosa no sea tan importante.

Entre los edulcorantes intensivos hay que destacar la sacarina, el ciclamato, el acesulfame-K y el espartame, ya que son los más utilizados en la actualidad. Existen otros edulcorantes autorizados por la legislación española, como la taumatina o la neohesperidina dihidrochalcona, pero su uso es mucho más restringido en la actualidad.

#### [Sacarina \(E-954\)](#)

Ha sido el edulcorante intensivo más usado desde principios del siglo XX, sin embargo la aparición de otras sustancias con mejores propiedades lo están desplazando.

La sacarina tiene un poder edulcorante entre 300 y 500 veces superior a la sacarosa y es estable en las condiciones de procesado de los productos de bollería y pastelería, tanto a las temperaturas como a las condiciones de humedad y pH. La sacarina no presenta problemas de solubilidad por lo que se distribuye homogéneamente en los productos.

La sacarina no es metabolizada por el organismo humano, por lo que se expulsa a través de la orina y no aporta ninguna caloría.

El principal inconveniente de la sacarina es la presencia de un ligero regusto amargo en los productos que la contienen. Este regusto es detectado por un 25% de la población y constituye el motivo por el que la sacarina esté siendo sustituida por otros edulcorantes con mejores propiedades.

Es frecuente utilizar mezclas de sacarina con otros edulcorantes intensivos o agentes de carga, debido a los efectos sinérgicos encontrados. De entre todos los edulcorantes intensivos el ciclamato es el complemento perfecto de la sacarina ya que no sólo potencia su efecto edulcorante sino que además enmascara en parte el regusto amargo.

#### [Ciclamato \(E952\)](#)

El ciclamato comenzó a usarse a mitad del siglo XX, y en los años 60 se empezó a utilizar como complemento de la sacarina. Sin embargo a finales de esta década se cuestionó su uso a raíz de ciertos estudios y fue prohibido en muchos países. Hoy en día parece demostrada su inocuidad y su uso está permitido en toda la Unión Europea desde 1996.

El ciclamato no es metabolizado en el cuerpo humano y se elimina sin ningún aporte calórico.

El ciclamato tiene un poder edulcorante 30 veces superior al de la sacarosa, que aumenta en pequeñas concentraciones, y un sabor muy parecido al de la sacarosa, sin presencia de regusto final extraño. Su sabor es muy similar al de la sacarosa aunque tarda un poco más en manifestarse en el paladar. Por el contrario el sabor del ciclamato es más duradero que el de la sacarosa, lo que puede suponer una ventaja en ciertas aplicaciones.

El ciclamato es estable en las condiciones de los procesos de bollería y pastelería y no presenta problemas de solubilidad. Es un producto que presenta efectos sinérgicos con la mayoría de los edulcorantes y puede potenciar determinados sabores. Como ya se ha comentado es capaz de enmascarar el regusto amargo de la sacarina.

#### [Acesulfame-K \(E-950\)](#)

El acesulfame-K es un edulcorante que presenta un sabor limpio, sin regustos extraños, y que se percibe con rapidez, aunque también decae rápidamente. Su poder edulcorante es de unas 200 veces el de la sacarosa. Al igual que el ciclamato presente efectos sinérgicos con la mayoría de los edulcorantes y tiene la capacidad de enmascarar ciertos regustos indeseables producidos por otros edulcorantes.

El acesulfame-K no se metaboliza en el cuerpo humano y no aporta ninguna caloría.

Este edulcorante es estable en las condiciones de pH, temperatura y humedad que se producen en los procesos de panadería y pastelería.

#### [Aspartame \(E-951\)](#)

Su utilización es relativamente reciente, a partir de los años 80, sin embargo su utilización en la industria agroalimentaria ha experimentado un gran crecimiento y hoy en día constituye uno de los edulcorantes más utilizados.

Al contrario que otros edulcorantes, el aspartame se metaboliza en el tracto intestinal produciendo ácido aspártico, fenilalanina y metanol. Las personas que padecen la enfermedad

conocida como fenilcetonuria son intolerantes a la fenilalanina y, por tanto, deben evitar la ingesta de aspartame. Para el resto de la población el consumo de aspartame no presenta ningún riesgo.

El aspartame presenta un poder edulcorante entre 180 y 220 veces superior al de la sacarosa, con un sabor limpio, sin presencia de regustos extraños. Como otros edulcorantes presenta efectos sinérgicos y potencia determinados sabores, en especial los de frutas ácidas.

El aspartame se descompone a elevadas temperaturas, lo que constituye su principal inconveniente para su utilización en procesos con horneado. Por tanto su uso en bollería y pastelería debe reducirse a la elaboración de cremas y otros productos que no sufran tratamientos térmicos severos. Existe un producto basado en aspartame encapsulado resistente a las condiciones de horneado, sin embargo su precio es elevado y suele ser preferible usar otro tipo de edulcorante.

Como se ha indicado estos cuatro son los edulcorantes más utilizados en la actualidad, sin embargo existen otros como la taumatina, neohesperidina DC, sucralosa o alitame que, aunque hoy en día no se suelen utilizar por razones de costo, legislación o desconocimiento, pueden ser utilizados e un futuro.

## *Agentes de carga*

Dentro de los agentes de carga utilizados en bollería y pastelería se pueden distinguir dos tipos: los polioles y los oligosacáridos.

### Polioles

También llamados polialcoholes o azúcares-alcohol, son compuestos obtenidos por hidrogenación catalítica de diversos azúcares. Como agentes de carga cumplen la función de ayudar a crear la estructura interna de los productos, confiriéndoles una textura y un volumen adecuados, al igual que la sacarosa. Sin embargo su poder edulcorante suele ser inferior al de la sacarosa y su contribución al sabor y color final de los productos puede diferir de la obtenida con sacarosa, debido a las reacciones de Maillard y de caramelización de azúcares. Los productos elaborados sustituyendo la sacarosa por polioles suelen tener un color más claro. A su vez los polioles presentan un ligero efecto inhibidor de microorganismos, superior al de la sacarosa.

Los polioles son absorbidos en el intestino delgado de manera lenta e incompleta. La parte absorbida pasa a la sangre y se metaboliza sin necesidad de insulina, o de una pequeña cantidad. Por tanto los polioles son mejor tolerados por los diabéticos que la sacarosa. Los polioles no provocan caries dental y se admite que su aportación calórica es de 2,4 Kcal/g. aunque cada uno de ellos tiene un poder calórico diferente.

La ingesta de una cantidad excesiva de polioles puede causar, en algunas personas, desórdenes intestinales como diarreas y efecto laxante, similar al que causa un consumo exagerado de fibra

alimenticia. Estos problemas dependen del resto de la dieta y de la sensibilidad de las personas, y suelen ser ligeros y temporales. Si aparecen estos síntomas se deberá reducir la ingesta de polioles.

#### [Manitol \(E-421\)](#)

Es el poliol menos usado en bollería y pastelería debido a que presenta una solubilidad muy baja, un poder edulcorante limitado (40-50% del de la sacarosa) y un carácter higroscópico limitado (por lo que no ayuda a alargar la vida útil de los productos por descenso de la  $a_w$ ). Su poder calórico es reducido (1.6 Kcal/g.) pero por el contrario su efecto laxante es superior al de otros polioles, entre 2.5 y 4 veces.

#### [Sorbitol \(E-420\)](#)

Su poder edulcorante es del 60% respecto a la sacarosa y no presenta problemas de solubilidad. Su potencial higroscópico es muy elevado, razón por la cual se emplea como humectante en algunos productos de bollería industrial, para retrasar su endurecimiento. Su aporte calórico es de 2.6 Kcal/g. Es uno de los polioles más usado por sus características funcionales y bajo precio.

#### [Maltitol \(E-965\)](#)

Tiene unas características muy similares a la sacarosa, tanto por su solubilidad como por su higroscopiedad y su poder edulcorante (85-90% respecto de la sacarosa). Por todo ello es uno de los polioles más utilizados en bollería y pastelería. Hay que destacar que el maltitol es el poliol que mejor se adapta a la elaboración de chocolates por tener un punto de fusión muy similar al de la sacarosa. Su aporte calórico es de 3 Kcal/g.

#### [Xilitol \(E-967\)](#)

Este poliol, a pesar de tener unas excelentes propiedades funcionales no se suele usar en pastelería y bollería debido a su elevado precio. Tiene un poder edulcorante muy similar al de la sacarosa y una buena solubilidad. Su poder higroscópico es muy bueno y destaca por sus propiedades anticaries. De hecho se utiliza ampliamente en la elaboración de dentífricos, productos de higiene bucal y chicles. Su contribución calórica es de 2.4 Kcal/g.

#### [Lactitol \(E-966\)](#)

Es un poliol que no presenta problemas de solubilidad, pero su poder edulcorante es muy bajo (30-40% frente a la sacarosa), al igual que su higroscopiedad. Su uso puede ser interesante en productos de baja humedad, como algunas galletas o caramelos, en los que no son aconsejables poderes higroscópicos elevados. Su valor calórico es de 2 Kcal/g.

#### [Isomaltosa \(E-953\)](#)

Al igual que el lactitol encuentra aplicación en productos con baja humedad por su escasa higroscopiedad. Su valor calórico es de 2 Kcal/g. y su poder edulcorante del 45-65% frente a la sacarosa. También tiene unas buenas propiedades anticaries.

#### [Almidones hidrolizados hidrogenados \(AHH\)](#)

Con este término genérico se definen mezclas de diferentes polioles, fundamentalmente sorbitol, maltitol y otros sacáridos hidrogenados de mayor tamaño. Dentro de esta definición se incluye una amplia variedad de compuestos que difieren en su poder edulcorante (entre el 40 y el 90% frente a la sacarosa), su higroscopicidad, su solubilidad y el resto de propiedades. Su aporte calórico es inferior a 3 Kcal/g.

### Eritritol

Aunque todavía no está aprobado su uso en España, presenta características interesantes. Su uso en alimentación es muy reciente, concretamente comenzó a utilizarse en los años 90 en Japón. Su poder edulcorante es del 60-70% frente a la sacarosa y su principal ventaja es su bajo aporte calórico (0.2 Kcal/g), sin embargo su efecto laxante es elevado. Su principal inconveniente es que presenta una solubilidad media-baja.

### Oligosacáridos

Dentro de este grupo se incluyen la povidexrosa (E-1200) y a oligofrucltosa. Ambos productos están compuestos por cadenas muy ramificadas de glucosa (povidexrosa) o fructosa (oligofrucltosa) que apenas son metabolizadas en el organismo, por lo que su aporte calórico es muy reducido (1 cal/g para la povidexrosa y 1.5 kcal/g para la oligofrucltosa). Funcionan, por tanto, como una fibra soluble, y aportan los beneficios nutricionales asociados al consumo de fibra. Como en el caso de las fibras, una ingesta elevada puede provocar efectos laxantes.

Ambos productos contribuyen a la textura y volumen final de los productos de manera similar a la sacarosa, no presentan problemas de solubilidad y tienen un carácter bastante higroscópico. Su poder edulcorante es bastante limitado, por lo que deben complementarse con algún edulcorante intensivo. Su principal inconveniente e que en dosis elevadas, y tras procesos de horneado, puede da lugar a productos con tonos muy oscuros y sabores amargos, debido a complejas reacciones de Maillard. Estos productos dan buenos resultados en combinación con otro agente de carga y un edulcorante intensivo.

La primeras povidexrosas que aparecieron en el mercado eras ácidas y aportaban sabores extraños y rancidez de las grasas, sin embargo estos problemas han sido solucionados en las nuevas generaciones del producto.

La inulina es un producto muy similar a la oligofrucltosa, de hecho su composición es la misma, pero posee un mayor peso molecular y sus propiedades son más aptas como sustituto de grasas. Tanto la inulina como la oligofrucltosa se extraen de la achicoria.

## *10. Espesantes y gelificantes*

Esta categoría la constituyen macromoléculas, principalmente hidrocoloides, que debido a la conformación y a las características de sus componentes se disuelven o dispersan fácilmente en el agua, provocando un aumento importante de la viscosidad (cantidades próximas al 1%). En ocasiones bajo determinadas condiciones físico-químicas tienen la capacidad de formar geles.

Al poder espesante y gelificante de estas sustancias, se les puede sumar otras propiedades como el poder de retención de agua y la capacidad de estabilizar suspensiones y emulsiones, actuando de esta manera como texturizantes.

Se pueden clasificar en tres grupos según su origen:

- Gomas de origen vegetal. De naturaleza glucídica, como algunos exudados de plantas, extractos de semillas, de algas, etc.
- Gomas de origen microbiano. Del metabolismo de ciertos microorganismos, como la goma xantano y la goma gelano.
- Gomas de origen animal. De naturaleza proteica, como los caseinatos y la gelatina.

#### Gomas de origen vegetal

##### Exudados de plantas

Suelen provenir de especies de árboles exóticos, como por ejemplo las acacias. Algunos ejemplos son:

- Goma arábiga (E-414): procede de la Acacia verek. Está constituida por macromoléculas ramificadas cuyo componente principal son unidades enlazadas de arabinosa y ácido galacturónico
- Goma karaya (E-416): procede de la Eserculia ureus. Se trata de un polisacárido constituido por galactosa, ramnosa y ácido galacturónico.

Otras gomas de exudados de plantas son: goma tragacanto y goma ghatti.

##### Extractos de algas

Son muy utilizados en la industria de helados y en la elaboración de preparados de postres instantáneos, como pudings, flanes, natillas, etc. Existen numerosos espesantes extraídas de distintos tipos de algas, como son:

- Agar-agar (E-406) y carragenatos (E-407): proceden de algas rojas o Rodifíceas. Sus estructuras moleculares son muy parecidas estructuralmente: están constituidas por unidades de galactosa unidas a distintos residuos, siendo éstos los que establecen las diferencias.
- Alginatos: procedentes de las algas pardas o Phaeophyceae. Se trata de estructuras lineales constituidas por monómeros de ácido manurónico y de ácido gulurónico. Los alginatos se comercializan en forma de sales: alginato sódico (E-401), potásico (E-402), amónico (E-403) y cálcico (E-404).

### Extractos de semillas

Se extraen de semillas de leguminosas, mediante tratamiento mecánico y reducción hasta harina. Se utilizan frecuentemente como espesantes en postres instantáneos, en cremas, en lácteos, en helados. Los más utilizados son:

- Goma garrofín (E-410): se obtiene de las semillas del árbol denominado algarrobo (*Ceratonia siliqua*). Forman esta sustancia, monómeros de manosa con cadenas laterales de galactosa.
- Goma guar (E-412): procede de las semillas de guar (*Cyamopsis tetragonolobus*), al igual que el garrofín, es trata de un galactomanano, es decir, una cadena de manosas con ramificaciones de galactosa.

### Extractos de subproductos vegetales

Dentro de este grupo nos encontramos con sustancias obtenidas a partir de las paredes celulares o del albedo de los cítricos.

A partir de estos componentes de las frutas se pueden obtener las pectinas. La pectina (E440i), está constituida por una cadena de ácido galacturónico, y algunas ramificaciones de ramnosa. La zona homogalacturónica representa aproximadamente un 90% de la estructura de la pectina, esta zona puede ser esterificada. El número de esterificaciones de grupos carboxilos que posea una pectina, por cada cien monómeros galacturónicos, es un parámetro DE que caracteriza sus propiedades gelificantes y así se pueden diferenciar:

- Pectinas débilmente metiladas (LM), DE entre 25-45%: No necesitan presencias altas de iones Ca para gelificar por lo que son interesantes en múltiples productos.
- Pectinas altamente metiladas (HM), DE mayor de 50%: Estas pectinas gelifican bien en medio ácido y en presencia de concentraciones altas de azúcar, por lo que son muy utilizadas en confituras.

Las pectinas se utilizan fundamentalmente para gelificar derivados de frutas, tales como, compotas, membrillos, mermeladas, confituras, etc.

### Gomas de origen microbiano

Son sustancias que se pueden obtener del metabolismo de ciertos microorganismos, son muy numerosas, algunas de las permitidas en alimentos son:

- Goma Xantana (E-415): proviene de la fermentación llevada a cabo por *Xanthomonas campestris*, se trata de un polímero de glucosas, ramificadas con manosas y ácido glucurónico. Posee múltiples aplicaciones a nivel industrial.

- Goma gelano (E-418): Se obtiene de la fermentación llevada a cabo por la bacteria *Pseudomona elodea*. Tiene características muy similares a la goma xantana, su composición se logra por unión de glucosas, ácido glucurónico y ramnosa.

#### Gomas de origen animal

Se trata de proteínas que se obtienen principalmente de tejidos animales (gelatina) o determinados derivados por ejemplo de la leche (caseinatos). Interaccionan con los poliósidos espesantes y gelificantes, de esta forma se emplean las interacciones carragenatos-caseinatos o la gelatina-goma arábica que aportan propiedades interesantes a los alimentos.

La gelatina carece de los principales aminoácidos como valina, tirosina y triptófano, y por lo tanto no tiene valor como alimento, pero tampoco está considerada como aditivo. Al igual que los polisacáricos, el grado de polimerización, la naturaleza de los monómeros y la secuencia en la cadena proteica determinan sus propiedades generales. Esta sustancia tiene una gran capacidad para gelificar, y se utilizan en multitud de alimentos de forma única o en combinación con otros gelificantes.

Se debe indicar que en esta categoría de espesantes y gelificantes, existen componentes que también cumplen esta función en los alimentos pero que no están considerados aditivos como es el caso del almidón, aunque sí están incluidos algunos derivados conocidos como almidones modificados. También comparten esta propiedad, derivados de la celulosa tales como: metilcelulosa, carboximetilcelulosa, metiletilcelulosa, etc.

## *11. Colorantes*

Son aditivos cuyas funciones principales son restaurar el color perdido en los procesos de elaboración o aportar colores atractivos y demandados en determinados productos alimenticios.

Éstos no deben utilizarse con el propósito de disimular una alteración o para simular la presencia en el producto de algún ingrediente de calidad.

No cumplen una función tecnológica ni nutricional en el producto, pero sí una función psicofisiológica, desde el punto de vista de aceptación del producto por parte del consumidor.

Existen un gran número de posibles colorantes, pero sólo unos pocos están autorizados para su utilización en los alimentos ya que esta categoría de aditivos deben superar periódicamente controles exhaustivos, respetando además limitaciones en el uso.

Se diferencian principalmente en colorantes naturales y colorantes artificiales (obtenidos por síntesis química).

#### Colorantes naturales

Los colorantes naturales son todos de origen vegetal (salvo el rojo cochinilla). Se caracterizan por no presentar límites en su utilización ya que se les considera sustancias estables y seguras. Son muy utilizados en el sector de panadería y pastelería, sobre todo en el ámbito industrial.

Son muy utilizados además como componentes de decoración (frutas confitadas, caramelos, jaleas, jarabes, etc.)

Algunos de los colorantes más utilizados por el sector son:

- **Curcumina (E-100):** Se extrae de los rizomas triturados del azafrán o Curcuma lenca. Aporta color amarillo anaranjado y un sabor ligeramente amargo. Es soluble en grasas, y se emplea frecuentemente en productos horneados y en la fabricación de helados, por ser estable a distintas temperaturas.
- **Caramelo (E-150):** Proviene de someter a determinados azúcares alimentarios (dextrosa, fructosa, sacarosa) a la acción del calor. Esta reacción puede verse favorecida al utilizar determinados ácidos alimentarios y algunas sales. Aporta color pardo-negruzco a los alimentos, es soluble en agua y en disoluciones de etanol. Se utiliza de forma habitual en pastelería y en galletería. También se emplea de forma frecuente en la coloración de bebidas.
- **Carotenoides (E-160):** Son pigmentos naturales presentes de forma habitual en frutos, semillas, hortalizas y también en algunos alimentos de origen animal, como los huevos y el marisco. Principalmente se sintetizan a partir de vegetales. Aportan colores que van del amarillo al rojo, pasando por los anaranjados e incluso los pardos; esta gama tan amplia, hace que sean utilizados en muchos productos de los elaborados por el sector. Bioquímicamente son tetraterpenos y el organismo puede sintetizarlos como vitamina A.
- **Xantofilas (E-161):** Proceden de los carotenos, presentan principalmente colores amarillentos. Las más utilizadas son las flavoxantina y la luteína.
- **Cochinilla (E-120):** Se obtiene de la trituración de cuerpos desecados de un insecto (*Coccus cacti*) que se localiza en el norte de África, en el sur de España y en las Islas Canarias principalmente. Para obtener tan sólo 100 g. de este colorante son necesarios al menos 15000 cuerpos de insecto; por esta razón es uno de los colorantes más caros de los utilizados en la actualidad. Este colorante proporciona un color rojo intenso, siendo la sustancia responsable de este color el ácido carmínico. Se utiliza en pequeñas dosis en confitería, en la fabricación de caramelos.

### [Colorantes artificiales](#)

También se les denomina colorantes de síntesis. Su uso está más restringido y tienen limitada la dosis de uso de los alimentos. Deben superar severos ensayos de toxicidad, ya que algunos de éstos colorantes (colorantes azoicos), si se ingieren en cantidades superiores a las permitidas tienen el

riesgo de provocar fenómenos de intolerancia y reacciones alérgicas (asma, asfixia, urticarias, etc.). Existen estudios que indican que los problemas anteriores se ven favorecidos en combinación con los analgésicos.

Bien es verdad que estos colorantes se siguen utilizando ya que presentan una serie de ventajas respecto a los colorantes naturales:

- Son más estables en el alimento y poseen más pureza.
- Son más baratos.
- Son más fáciles de conservar.
- Presentan una gama de colores más completa.
- Son muy solubles en agua.

También presentan algunos inconvenientes, como que no se dispersan bien a alimentos grasos, y que hay que controlar factores como la temperatura y el pH de los alimentos para evitar pérdidas de intensidad o virajes en el color.

Algunos ejemplos de colorantes artificiales utilizados dentro del sector son:

- **Amarillo-anaranjado (E-110):** Pertenece al grupo de los colorantes azoicos. Se presenta como una sal, muy soluble en agua e insoluble en aceites y grasas. Puede provocar alergias en combinación con sustancias analgésicas. Se utiliza frecuentemente en galletería, en productos de panadería y en postres preparados.
- **Tartrazina (E-102):** Es un colorante amarillo que pertenece al grupo de los colorantes azoicos, como tal presente riesgos de intolerancia y alergias. Presenta un color inestable a pH alcalinos, ya que vira de amarillo a rojo. Se emplea en confitería y pastelería fundamentalmente en la elaboración de cremas.
- **Eritrosina (E-127):** Se trata de una sal disódica que se presenta como un polvo pardo, soluble en agua. Si se solubiliza en alcohol presenta color rojo. Se emplea en frutas rojas en conserva y en cerezas confitadas.

## *12. Aromatizantes y saborizantes*

Se entiende por aromatizantes aquellas sustancias o preparaciones añadidas a un alimento para conferirle un nuevo aroma o modificar el que tenía. Al igual que los colorantes, no cumplen una función tecnológica ni nutricional en el producto, pero sí una función sensorial.

Hay que tener especial cuidado al utilizar estas sustancias en lo que se refiere a su intensidad, cantidad, persistencia y estabilidad, así como en su comportamiento en el alimento.

Actualmente están muy extendidos y se emplean en forma sólida o líquida en pequeñas dosis. También se pueden utilizar de forma encapsulada, lo que permite la liberación controlada de estas

sustancias en el tiempo, ya que se trata de finas gotas de líquido envueltas por una capa sólida, generalmente goma de acacia.

La mayoría de estos compuestos son: Alcoholes lineales, aldehídos (hexanal, octanal), cetonas (diacetilo, acetoína), ésteres (formiato de etilo, acetato de isoamilo) y terpenos (geraniol, limoneno).

Se pueden clasificar en tres grupos:

- Aromas azucarados, donde se incluyen extractos de frutas, de flores, de plantas, de frutos secos, etc. Así como determinados componentes como el cacao, la vainilla, el café, et.
- Aromas salados, donde se agrupan , vegetales, semillas, raíces, bulbos, hierbas aromáticas, etc.
- Aromas alcohólicos, vino, ron, brandy, etc.

Estas sustancias serán explicadas en los capítulos que se refieren a especias y a bebidas alcohólicas respectivamente.

Dentro del grupo de los saborizantes, incluyen los denominados exaltadores, potenciadores o modificadores del sabor. Su principal función es exaltar y matizar los sabores propios del alimento.

Destacamos:

- Glutamato monosódico (E-621): El más empleado y conocido; este compuesto aporta sabor cárnico-salino y actúa exaltando los productos cárnicos. Se obtiene industrialmente por fermentación a partir de melazas o de hidrosolizados de almidón. Se utiliza sobretodo en platos preparados, salsa, rellenos, sopas, etc. Por tanto es habitual en pastelería salada.
- Dioctil-succin-sulfonato sódico: Se utiliza en pequeñas dosis y aportan sabor a leche fresca. Se puede utilizar en natas, helados, cremas y rellenos.
- N-N´dietilendiamina: Esta componente exalta el sabor de productos lácteos como mantequilla, también se utiliza para dar sabor a algunas margarinas, de las utilizadas en panadería.
- Otros: Maltol, etilmaltol, furaneol, que consiguen potenciar los productos afrutado y refuerzan la sensación azucarada.
- 

### ***13. Enzimas***

Las enzimas son catalizadores biológicos presentes en la naturaleza. Químicamente pertenecen al grupo de las proteínas. Su misión en los procesos panaderos consiste en catalizar ciertas reacciones que mejoran las características del proceso o el producto final. Es necesario tener en cuenta que las enzimas aceleran la velocidad de ciertas reacciones químicas y siguen ejerciendo su

acción hasta que son inactivadas. Además las enzimas ejercen una acción específica sobre determinados substratos.

Para comprender las reacciones enzimáticas debemos tener en cuenta que éstas se ven influenciadas por ciertas características del medio como la temperatura y el pH, concentración del substrato de la reacción y concentración de la propia enzima. Cada enzima tiene su temperatura y pH óptimo de actuación, por tanto al utilizar una enzima debemos tener en cuenta las características del proceso a seguir. Así una enzima puede actuar convenientemente en una masa de pan, con un pH ligeramente ácido, y no hacerlo en algunas masas batidas, con pH básico. A su vez el comportamiento de las enzimas dependerá de las temperaturas de la masa a lo largo del proceso.

A temperaturas elevadas las enzimas se desnaturalizan y pierden su poder catalítico, siendo esta reacción irreversible. La tasa de desnaturalización dependerá tanto de la temperatura como del tiempo durante el que el medio esté sometido a esa temperatura. Las temperaturas de desnaturalización de las diferentes enzimas varían y es habitual que en el proceso panadero sean inactivadas en la fase de horneado, aunque algunas enzimas resisten esta fase.

Las enzimas han sido usadas en panadería desde finales del siglo XIX, en el que se empezó a utilizar harina malteada, fuente de amilasas. La incorporación de harina de soja enzimáticamente activa, fuente de lipoxigenasas, es otro ejemplo. Sin embargo el gran auge de la utilización de enzimas en panadería no se produjo hasta finales del siglo XX. Este auge se debe, tanto al mejor conocimiento de los procesos y las actividades enzimáticas, como a la mejora en las técnicas de producción y purificación de enzimas. Hoy en día es muy habitual la presencia de enzimas en mixes y mejorantes.

Por último hay que destacar que según la legislación española no es necesario declarar la presencia de enzimas en los productos, con algunas excepciones, y no son consideradas como aditivos.

### Amilasas

Las amilasas son enzimas capaces de hidrolizar el almidón, generando dextrinas y maltosa. Este tipo de enzimas se encuentra presente en las harinas, en forma de  $\alpha$  y  $\beta$ -amilasas. Las  $\beta$ -amilasas hidrolizan los enlaces  $\alpha$ -1,4, entre unidades de glucosa, de dos en dos (producen maltosa), a partir de los extremos no reductores, finalizando su actuación cuando encuentra una ramificación (enlaces  $\alpha$ -1,6). Las  $\alpha$ -amilasas actúan hidrolizando enlaces  $\alpha$ -1,4 desordenadamente, tanto antes como después de que se presente una ramificación. Por tanto las  $\alpha$ -amilasas producen dextrinas. La acción de ambas enzimas es complementaria, ya que las  $\alpha$ -amilasas crean nuevos grupos no reductores sobre los que pueden comenzar a actuar las  $\beta$ -amilasas.

Las levaduras utilizan como substrato para la fermentación determinados azúcares, como la glucosa, fructosa, sacarosa o maltosa. En el caso de que se encuentren varios de estos azúcares en la

fórmula comienzan actuando sobre la glucosa y fructosa, posteriormente sobre la sacarosa y por último sobre la maltosa. En determinadas fórmulas con presencia de azúcares en su composición la fermentación no tendrá problemas. Sin embargo en la elaboración de pan a partir de harina, agua, sal y levadura la presencia de azúcares fermentables es casi nula, por lo que será necesario que actúen las amilasas formando maltosa, que constituirá el substrato principal de la fermentación. Hay que tener en cuenta que las amilasas empiezan a actuar en el proceso de amasado, por lo que el comienzo de la fermentación se ralentizará (hasta que se empiecen a formar unidades de maltosa).

Cada proceso y formulación requiere una cantidad de amilasas determinada, y además de la cantidad de amilasas será importante la cantidad de almidón dañado, único substrato sobre el que pueden actuar las amilasas durante el amasado y la fermentación. Así en procesos muy largos como los de la fermentación controlada, es necesaria una menor actividad amilástica. La cantidad de amilasas presente en la harina dependerá de factores como el tipo de trigo y, especialmente, de las condiciones de cultivo. Así podemos encontrar harinas con una cantidad excesiva de amilasas, como puede ocurrir en áreas del norte de Europa, y harinas deficitarias en amilasas, caso frecuente en las harinas españolas. Para solucionar este problema se suelen añadir  $\alpha$ -amilasas fúngicas.

Los azúcares formados por la acción enzimática, y no consumidos durante la fermentación, también pueden participar en las reacciones de Maillard y caramelización durante el horneado, contribuyendo al color final de las piezas.

Por tanto la principal función de las amilasas en los procesos de panificación es la formación de maltosa y glucosa empleados en los procesos fermentativos.

Las amilasas también tiene influencia sobre la vida útil de los productos, al retrasar el endurecimiento de las piezas. Su mecanismo de acción no se conoce con profundidad, pero se sabe que la adición de amilasas alarga la vida útil del pan al retrasar o ralentizar los fenómenos de endurecimiento de la miga. Parece que este hecho está relacionado con la actividad amilástica en las últimas fases del proceso. Se han utilizado amilasas bacterianas, con una mayor tolerancia a altas temperaturas, pero los resultados no son buenos. Estas amilasas producen panes con una miga de textura pegajosa y gomosa. Algunos autores atribuyen este efecto a que parte de las amilasas bacterianas “sobreviven” al proceso de horneado, llegando a hidrolizar el almidón tras esta fase.

En el mercado existen otras enzimas capaces de hidrolizar el almidón. Las pululaninas son capaces de hidrolizar los enlaces  $\alpha$ -1,6 de las ramificaciones y, aunque se usan en industrias como la de elaboración de alcohol de cereales, no se utiliza en la industria panadera. La amiloglucosidasa es capaz de romper los enlaces  $\alpha$ -1,4 a partir de los extremos no reductores. Por tanto su actuación es muy similar a la de la  $\beta$ -amilasa, pero en vez de generar unidades de maltosa produce unidades de glucosa. Como ya se ha comentado la glucosa es un azúcar más rápidamente asimilado por las levaduras que la maltosa. Por tanto la aplicación de amiloglucosidasas puede ser interesante en

procesos en los que interese acelerar la fermentación o en los que se requiera la presencia de glucosa en el medio. Hoy en día su uso todavía no está muy extendido.

#### Pentosanasas

La harina contiene entre un 2 y un 3% de pentosanos, de los cuales la mitad son solubles en agua y la mitad insolubles. Los pentosanos son polisacáridos distintos del almidón, y en el caso de la harina un 75% son xilanos y el resto son, en su mayoría, galactanos. Los xilanos son polímeros de xilosa con ramificaciones de arabinosa, mientras que los galactanos son polímeros de galactosa que también presentan ramificaciones de arabinosa.

Los pentosanos tienen un carácter hidrófilo muy acusado, y son los responsables de gran parte de la absorción de agua en las masas. Se sabe que una proporción de pentosanos insolubles muy alta tiene un efecto perjudicial sobre el proceso de panificación. Una presencia excesiva de pentosanos insolubles produce masas de consistencia elevada y difíciles de manejar. Las pentosanasas hidrolizan estos pentosanos solubilizándolos y liberando agua. Como consecuencia la tenacidad de las masas disminuye y se incrementa su extensibilidad. Por tanto la acción de los pentosanos modifica el comportamiento de las masas en el amasado (disminuye su absorción de agua) y las hace más manejables. Una correcta adición de pentosanos también mejora la retención de gas en la fermentación y la subida de volumen en el horno.

El término xilanasas define una pentosanasa que actúa sobre los xilanos.

#### Lipoxigenasas

Las lipoxigenasas se han usado tradicionalmente como agentes blanqueantes. Esta enzima es capaz de oxidar los pigmentos responsables del color crema de la miga de pan. Este efecto es más interesante en la elaboración de panes de molde, en los que el consumidor reclama un pan blanco. Sin embargo en las elaboraciones españolas más tradicionales el color de la miga debe ser algo amarillento y el color excesivamente blanco es rechazado por el consumidor.

También se ha comprobado que, en presencia de oxígeno y lípidos, la adición de lipoxigenasas mejora la tolerancia de las masas durante el amasado y las características reológicas de las mismas. Así las masas no son tan sensibles a un exceso de amasado y, al mejorar la extensibilidad, son capaces de una mayor retención de gas y expansión de pieza durante la fermentación y primeras fases de la cocción. Por tanto la adición de lipoxigenasas se traduce en un mayor volumen del producto final.

El principal problema de las lipoxigenasas reside en la formación de compuestos aromáticos desagradables. Este efecto dependerá del tipo de pan elaborado, de forma que los panes muy aromáticos, con una formulación a base de azúcares, leche o harina integral son menos sensibles. La aparición de estos aromas se debe a procesos de oxidación de las grasas y pueden ser enmascarados por otros aromas presentes en el pan.

## Proteasas

Las proteasas ejercen un efecto similar al de los agentes reductores. Estas enzimas son capaces de hidrolizar enlaces peptídicos entre los aminoácidos que forman las proteínas, por lo que debilitan la red de gluten. Las principales diferencias, frente a los reductores, son el mecanismo de acción y el hecho de que esta reacción es irreversible. Además el efector de las proteasas continúa durante todo el proceso (no se acaba en las primeras fases), hasta que son inactivadas durante el horneado, y el comienzo de su acción es más lento que en el caso de reductores.

Las proteasas se usan para reducir los tiempos de amasado, dar masas menos elásticas (evitar contracciones) y facilitar la extensión de las mismas. Por tanto pueden ser útiles en masas para pizzas, o en el caso de que necesitemos que una masa se extienda para ocupar un molde. Sin embargo la adición de proteasas debe estar muy controlada, ya que una sobre-dosificación puede tener efectos muy adversos, como panes de escaso volumen, de alveolado irregular o masas pegajosas.

Para decidir si se deben usar proteasas debemos tener en cuenta el tipo de harina utilizada y las características del proceso, así como el producto que deseamos conseguir.

### [Enzimas reforzantes](#)

En la actualidad se está investigando sobre la posibilidad de reforzar la red de gluten a través de la aplicación de enzimas. Las dos enzimas más prometedoras, en este sentido, son las glucoxidasas y la transglutaminasa.

- La glucoxidasa (GOX) cataliza la oxidación de unidades de glucosa en presencia de oxígeno, con desprendimiento de peróxido de hidrógeno. El peróxido de hidrógeno ejerce un efecto oxidante, favoreciendo la creación de puentes disulfuro. También parece que este peróxido puede reaccionar con los pentosanos con efectos beneficiosos para el proceso.
- La transglutaminasa es capaz de establecer uniones entre unidades de glutamina y lisina. Estos aminoácidos están presentes en el gluten, por lo que la transglutaminasa puede formar uniones, tanto intra-, como inter-moleculares en el gluten, reforzando este sistema proteico.

Tanto la transglutaminasa como la glucoxidasa tiene efectos similares al reforzar la red de gluten, aumentar la tenacidad de las masas, reducir su extensibilidad e incrementar la capacidad de retención de gas. Sin embargo sus mecanismos de acción son diferentes.