



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**MÁSTER CALIDAD, DESARROLLO E INNOVACIÓN
DE ALIMENTOS**

Evolución de la vida útil en panes sin
corteza blancos al sustituir el mejorante
y sórbico habituales.

Alumno/a: DAVID HERNANDO ALONSO

Tutor/a: MANUEL GÓMEZ PALLARES

Cotutor/a: PATRICIA DÍEZ ABAD

JULIO 2012

1.-INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia del hombre, el pan ha ocupado un papel importante en su alimentación, en muchos casos básico. En la actualidad, las modernas técnicas industriales han permitido la presencia en el mercado y la aceptación creciente por parte del consumidor de un tipo de pan, diferente del tradicional que, por llevar distintas cantidades de grasa, es más palatable, más blando y menos perecedero, conservándose en buen estado durante más tiempo: el pan de molde. Además, se trata de un producto que ofrece una gran variedad de formatos, lo cual le permite llegar a más sectores de la sociedad.

Los productos de panadería, y, por lo tanto, el pan de molde, son una parte importante de una dieta equilibrada y, hoy por hoy, podemos encontrar una amplia variedad de estos productos en los supermercados. Sin embargo, al igual que muchos otros alimentos procesados, están sujetos al deterioro.

Un aspecto diferencial entre el pan tradicional y el pan de molde es que a éste se le añade grasa para conferirle sus especiales características organolépticas, incrementando su rendimiento energético (274 kcal/100 g) . Esto hecho, junto con otros factores internos y externos interrelacionados, tales como temperatura de almacenamiento, humedad relativa, cantidad de conservantes, pH, material de envasado y, las más importantes, el contenido en humedad del orden de 38% (Tejero, 2011), y la actividad de agua (a_w), tienen como consecuencia negativa el deterioro de este producto, el cual puede ser físico (endurecimiento), químico (enranciamiento) y/o microbiológico (Smith *et al.*, 2004) (mohos):

Físicos

Aunque ha sido estudiado durante más de siglo y medio, el endurecimiento del pan no ha sido eliminado y sigue siendo el responsable de inmensas pérdidas tanto para la industria panificadora como para el consumidor. El indicador de endurecimiento más ampliamente utilizado es la medida del aumento en la firmeza de la miga, pues se trata del atributo más fácilmente reconocible por el consumidor.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

El pan es una “espuma” inestable, elástica y sólida, cuya parte sólida es una fase continua compuesta en parte por una red elástica de moléculas reticuladas de gluten y por moléculas de polímeros de almidón, principalmente amilosa, junto con moléculas lipídicas polares, y una fase discontinua de gránulos de almidón atrapados, gelatinizados, hinchados y deformados (Gray y Bemiller, 2003).

Ni el sistema del pan ni el proceso de endurecimiento se entiende bien a nivel molecular. Incluso una simple formulación de la masa del pan contiene varios ingredientes, los cuales pueden contener a su vez varios componentes, los cuales pueden padecer cambios durante el proceso de panificación y durante el envejecimiento del producto final. Así como el pan es un sistema complejo y heterogéneo, el fenómeno de endurecimiento parece ser complejo también, pues la investigación de las hipótesis de los cambios en 1 o 2 componentes no ha conseguido explicar totalmente el proceso (Gray y Bemiller, 2003).

Los principales cambios que se dan después del horneado son la redistribución de la humedad, la retrogradación del almidón, aumento de la firmeza, y pérdida de aroma y sabor (Quail, 1996). Muchos estudios han sugerido que el endurecimiento es debido a la migración de la humedad desde la miga a la corteza y, más específicamente, desde el almidón hinchado al gluten. Los productos con un alto contenido en humedad endurecen más rápidamente. Sin embargo, el endurecimiento no es debido simplemente a una pérdida o migración de la humedad (Kulp, 1979).

El mecanismo de endurecimiento del pan se puede clasificar en 2 fases (Schiraldi y Fessas, 2001): endurecimiento de la corteza y endurecimiento de la miga. El de la corteza es producido generalmente por la transferencia de la humedad desde la miga a la corteza (Lin y Lineback, 1990), lo que resulta en una textura blanda y correosa, y es generalmente menos censurable que el endurecimiento de la miga (Newbold, 1976). El endurecimiento de la miga es más complejo, más importante y menos comprendido.

Numerosos investigadores centraron sus estudios en este aspecto, obteniendo resultados dispares; se sabe que es un complejo fenómeno en el cual operan múltiples mecanismos. La cristalización de los polímeros con la formación de estructuras supermoleculares está ciertamente involucrada.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

La hipótesis más plausible es que se da una retrogradación de la amilopectina, y, debido a que las moléculas de agua se incorporan dentro de los microcristales, la distribución del agua se desplaza desde el gluten al almidón/amilopectina, cambiando de este modo la naturaleza de la red de gluten (Gray y Bemiller, 2003).

Katz (1928) planteó la hipótesis de que un cambio gradual en los componentes del almidón de su forma amorfa a su forma cristalina era importante en el proceso de endurecimiento, y por tanto la retrogradación de los polímeros de almidón era la responsable del endurecimiento.

Hellman *et al.*, (1954) ofrecieron pruebas de que la tasa de evolución de la cristalización en geles de almidón era similar a la tasa de endurecimiento del pan; sin embargo, Dragsdorf y Varriano-Marston (1980) obtuvieron evidencias de que el grado de cristalización de la miga de pan estaba inversamente relacionada con su firmeza y, por tanto, concluyeron que la cristalización del almidón y el endurecimiento eran procesos separados.

Por otro lado, la formación de complejos entre los polímeros de almidón, los lípidos y las proteínas de la harina se cree que inhibe la agregación de la amilosa y la amilopectina (Kulp, 1979). De esta manera, el contenido en estos componentes podría influir la tasa de endurecimiento.

Químicos

El pan de molde, dado que tiene un mayor contenido en grasas, puede estar también sometido al deterioro químico o rancidez. La rancidez se caracteriza por la degradación lipídica lo que provoca mal olor y sabor, volviendo a los productos desagradables y disminuyendo así su vida útil. Sin embargo, no es un problema frecuente de deterioro de este producto, y no se estudiará aquí.

Microbiológicos

El deterioro microbiológico –principalmente por mohos- es comúnmente el principal factor limitante de la vida útil de aquellos productos que tienen una humedad alta o media y es, por tanto, la principal causa de pérdida económica en la industria productora de pan de molde.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

Las pérdidas por mohos varían entre un 1-5% dependiendo de la estación, tipo de producto y método de procesado tratándose, por tanto, de un serio problema para esta industria y para el consumidor (Smith *et al.*, 2004).

Aunque el pan está libre de mohos y sus esporas, este producto rápidamente se contamina debido a una contaminación post-horneado por esporas de mohos presentes en el aire, superficies y equipamiento, manipuladores de alimentos e ingredientes crudos como nueces, especias y azúcares (Jarvis, 1972).

Los mohos son más problemáticos durante los meses de verano, debido a la contaminación ambiental y por las condiciones de almacenaje, dado el mayor calor y humedad. Además, los productos pueden ser envasados antes de ser enfriados completamente. Esto provoca una condensación de la humedad dentro del envoltorio y en la superficie del producto, condiciones que derivan en un crecimiento del moho.

Por tanto, tanto el endurecimiento como el desarrollo de mohos constituyen las principales causas de pérdidas para los productores y consumidores de este producto. Las prácticas más comunes y económicas que utiliza la industria panificadora para solventar, temporalmente, estos hándicaps son la reformulación del producto y el uso de mejorantes y conservantes químicos incorporados directamente en el producto o esprayados en la superficie.

Los mejorantes son productos utilizados para favorecer el comportamiento de la masa durante el procesado y conseguir mejores propiedades organolépticas del producto final; el ácido sórbico es un conservante que se utiliza para retrasar la aparición de mohos, y se emplea de forma encapsulada para evitar en la medida de lo posible ciertos problemas que este producto presenta con la fermentación de las levaduras y la reología de las masas, afectando por ello al procesado (Legan, 1993). Así, siguiendo esta línea, en este estudio se pretendió comprobar si un cambio en la reformulación (sustituir un mejorante, M2, por otro, M3) y un cambio en el conservante (ácido sórbico de otro proveedor) podrían suponer una mejora en la evolución del producto terminado, siendo producidos los tres bajo los mismos parámetros habituales de esta industria.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

Los productos comparados fueron: pan de molde blanco sin corteza con el mejorante y sórbico habituales (CONTROL), pan de molde blanco sin corteza con otro mejorante (MEJORANTE) y pan de molde blanco sin corteza con otro sórbico (SÓRBICO); para ello se estudiaron variables texturales, organolépticas y visuales durante el periodo de estudio, con el objetivo de determinar la eficacia de estos nuevos productos respecto a los utilizados actualmente.

2.- Materiales y métodos

2.1.-Materiales

Para la consecución de este estudio se trabajó con 120 panes terminados (esto es, ya embolsados) de cada una de las tres variantes objeto de estudio; de esta manera, después de haber sido producidos los tres bajo las mismas condiciones de procesado, las habituales para un SCB en esta empresa, solamente restaba proceder a su estudio para valorar las diferencias en su evolución debidas a los cambios en la formulación ya explicados anteriormente. Se trata de panes con un formato de 16 rebanadas de 10,5 x 10,5 x 1,3 cm cada una, un peso medio aproximado de 450g, una humedad media del 38% y su principal característica es que se le ha eliminado la corteza en el paso previo al embolsado; la corteza es una barrera contra las pérdidas de humedad, y, además, al carecer de ésta, la superficie externa del pan es mucho más susceptible a resultar contaminada por microorganismos presentes en la atmósfera, dado que su zona exterior tiene una mayor humedad que el pan con corteza . Por este motivo presenta un embalaje adicional al convencional en el interior de éste, conocido como “flow-pack”.

2.2.-Métodos

Desde que fueron embolsados, los 360 panes fueron almacenados durante los 40 días del estudio en el almacén de la empresa (18°C) para reproducir los pasos seguidos por los panes allí elaborados. De esta manera, desde el amasado hasta el embolsado, se mantuvieron las condiciones habituales de procesado y almacenado de estos productos.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

2.2.1.- Control del deterioro microbiológico

Para evaluar el deterioro microbiológico, es decir, la aparición de mohos, desde dos días antes de su fecha de caducidad (siendo esta a los 14 días de ser producidos) hasta el día 40, se controló visualmente uno a uno cada pan. La metodología a seguir es sencilla:

- Sacar el pan de la bolsa, no del flow-pack, y observar si tiene moho. Si se observa presencia de moho, se tira el pan dentro de la bolsa y se anota.
- Se anotan los paquetes con moho, los paquetes con moho acumulados y el porcentaje al que corresponden.

2.2.2.- Control del deterioro físico

La evolución del deterioro físico se obtuvo determinando periódicamente los siguientes aspectos:

- Textura: se utilizó un texturómetro TA.XTplus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, UK) con el que se determinaron la dureza y resiliencia de los panes. Para el ensayo sobre el pan se utilizó una sonda P/36 R, y la compresión se llevó a cabo sobre dos rebanadas cada vez hasta un 40% del espesor inicial de éstas, con un tiempo de espera de 30 s entre la primera y la segunda compresión y una velocidad de test de 1,67mm/seg. El registro proporcionado tras el ciclo de doble compresión se conoce como curva TPA.
En los días 6 y 12, de cada pan analizado, se cogieron cuatro paquetes y de cada uno de éstos se extrajeron 2 rebanadas, realizándose cuatro medidas de dureza, cuatro de resiliencia y sus medias respectivas.
- Humedad: dos medidas del porcentaje de humedad y su media correspondiente fueron obtenidas de cada pan en los mismos días de análisis que la textura. Para obtener cada una, se introdujeron 3g de cada pan en un analizador halógeno de humedad HB43-S (Metler Toledo, New York, USA), el cual calcula la humedad mediante la determinación gravimétrica de la pérdida de masa de la muestra desecada hasta peso constante (AOAC, 2005).

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

- Color: para observar la evolución en el color de la miga de los panes, se determinaron las coordenadas del sistema CIE L* a* b* [L* (luminosidad), a* (color rojo) y b* (color amarillo) (Cheftel y Cheftel, 1992)] mediante un colorímetro Konica Minolta Chroma Meter CR-410 (Konica Minolta Sensing, Inc, Tokio, Japon). Este control se llevó a cabo también los días 6 y 12 del estudio, tomando dos medidas de cada coordenada, y su media correspondiente.

2.2.3.- Evaluación sensorial

Para comprobar la evolución organoléptica, se procedió a su determinación mediante el método de análisis sensorial establecido por el Grupo Siro para las evaluaciones sensoriales rutinarias que realizan de sus productos; de este modo, varios parámetros (suavidad de la miga, blandura de la miga, consistencia de la miga, aroma y sabor, comestibilidad del pan y frescura y suavidad en la boca) fueron determinados según unos descriptores y una puntuación de cero a seis previamente establecidos. Los análisis se realizaron los días 0, 10, 20, 30 y 40 después de su fabricación.

Finalmente, los datos obtenidos fueron sometidos a tratamiento estadístico mediante análisis de la varianza (ANOVA) el programa Statgraphics Plus (versión 5.1 Statistic Graphics Corporation, New Jersey, USA). Se utilizó el test de Tukey para determinar las diferencias significativas con un 95% de confianza.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.- EFECTOS DEL CAMBIO EN EL MEJORANTE Y EN EL ÁCIDO SÓRBICO SOBRE LAS PROPIEDADES TEXTURALES Y CROMÁTICAS.

Una de las características de los mejorantes analizados es que presentan complejos enzimáticos en su composición. Entre otras técnicas propuestas para retrasar el deterioro del pan, la adición de enzimas, emulgentes e hidrocoloides han sido ampliamente estudiados (Bárceñas *et al.*, 2003; Jiménez & Martínez-Anaya, 2001; Mettler & Seibel, 1993; Rosellm *et al.*, 2001; Twillman & White, 1988).

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

Se han demostrados diversos efectos del uso de enzimas en productos panificados; la dureza, masticabilidad y luminosidad se ven afectadas positivamente o no según el tipo de enzima utilizada (Caballero *et al.*, 2007). También se ha comprobado su utilidad para mejorar la manejabilidad de la masa y la calidad de los productos panificados (Bonet *et al.*, 2006).

Como ejemplos de enzimas utilizadas como agentes contra el deterioro, las amilasas han sido ampliamente utilizadas tanto solas (Hug-Iten *et al.*, 2003; Blaszczyk *et al.*, 2004; Sahlström & Brathen, 1997) como combinadas con otras enzimas (Barret *et al.*, 2005; Fiszman *et al.*, 2005). Además, otras enzimas como las proteasas (Barret *et al.*, 2005) o las xilanasas (Shah *et al.*, 2006) han demostrado su capacidad para reducir la firmeza del pan a lo largo de un almacenamiento prolongado

Por otro lado, el uso de ácido sórbico puede provocar daños en la red de gluten, lo que afecta a la retención de gas de la masa, y puede debilitar y matar las levaduras utilizadas, por lo que hay que sería necesario añadir más levadura y mejorantes (Gómez *et al.*, 2007). Además, si las condiciones de fermentación se vieran afectadas por estos motivos, se podría producir un aumento en la tasa de endurecimiento del pan.

En este contexto se presentan a continuación (Tabla 1), los efectos debidos al uso de un mejorante y un sórbico distintos a los habituales.

Tabla 1: valores medios de algunos parámetros texturales y cromáticos de los panes analizados el día 6 desde su producción.

	Textura			Color		
	Humedad	Dureza	Resiliencia	L*	a*	b*
CONTROL	42,465 ^a	524.808 ^b	0,276 ^a	71,045 ^a	1,880 ^a	13,715 ^a
MEJORANTE	43,370 ^b	518,629 ^b	0,267 ^a	65,685 ^a	2,135 ^a	13,880 ^a
SÓRBICO	43,455 ^b	419.939 ^a	0,306 ^a	68,635 ^a	1,950 ^a	14,015 ^a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no son significativamente distintos (p<0,05)

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

Se puede comprobar cómo en el día 6 desde su elaboración aparecen diferencias en la humedad de los productos, siendo ésta significativamente inferior en el pan CONTROL respecto a los otros dos panes. El cambio de mejorante y de ácido sórbico parece favorecer la retención de agua durante los primeros días de almacenado; probablemente debido a este hecho, la dureza del pan es mayor en el CONTROL y es significativamente menor en el pan SÓRBICO, pues presentaba el mayor valor de humedad. Los cambios en el contenido en humedad y la migración de la humedad dentro del pan son factores clave relacionados con el endurecimiento (He & Hosney, 1990; Zeleznak & Hosney, 1986; Leung *et al.*, 1983; Wynne-Jones & Blanshard, 1986; Piazza & Masi, 1995; Vodovotz *et al.*, 1996).

En nuestro caso, este endurecimiento podría estar relacionado con la redistribución de la humedad durante el almacenamiento, coincidiendo con resultados obtenidos previamente por otros autores (He & Hosney, 1990; Piazza & Masi, 1995). Sin embargo, la eliminación de la corteza (eliminando así la migración del agua) podría mantener la humedad original de la miga durante el almacenamiento pero podría no evitar el aumento en la firmeza de la miga (aunque la tasa de endurecimiento sería menor) (Baik & Chinachoti, 2000).

En este día el resto de los parámetros estudiados no mostró diferencias significativas, pero en el siguiente control, en el día 12 desde su producción (Tabla 2), se pudo comprobar cómo la humedad seguía siendo menor en el CONTROL aunque sin presentar ya diferencias significativas entre los productos estudiados.

Tabla 2: valores medios de algunos parámetros texturales y cromáticos de los panes analizados el día 12 desde su producción.

	Textura			Color		
	Humedad	Dureza	Resiliencia	L*	a*	b*
CONTROL	42,400 ^a	533.429^b	0,286^{ab}	69,165^b	2,005 ^a	13,675 ^a
MEJORANTE	43,135 ^a	503,738^{ab}	0,251^a	66,360^a	2,045 ^a	13,715 ^a
SÓRBICO	43,380 ^a	414,666^a	0,307^b	69,810^b	1,845 ^a	13,650 ^a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no son significativamente distintos (p<0,05)

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

En estudios previos observaron que al almacenar durante dos semanas panes sin corteza, el contenido en humedad y la actividad de agua (a_w) permanecieron relativamente inalteradas (Baik & Chinachoti, 2000). Se ha comprobado que el agua en el pan se liga e inmoviliza con el tiempo (como se observó mediante resonancia magnética nuclear) durante el endurecimiento (Leung *et al.*, 1983; Wynne-Jones & Blanshard, 1986; Kim-Shin *et al.*, 1991). Los cambios fisicoquímicos sugeridos como responsables de este cambio incluyen el aumento en el agua de la recristalización del almidón (Leung *et al.*, 1983; Wynne-Jones & Blanshard, 1986) y el desplazamiento del agua entre las zonas amorfas, algunas de las cuales sufren envejecimiento o creación de redes, lo que cambia el comportamiento de hidratación (Kim-Shin *et al.*, 1991).

En nuestro caso la dureza continuó manteniendo la tendencia marcada en el día 6, y presentó valores significativamente superiores en el pan habitual respecto a los modificados. He & Hosene, (1990) también pudieron apreciar como la dureza aumentaba rápidamente durante los primeros 15 días, y luego esta tasa descendía con el tiempo.

En otro estudio posterior, Baik & Chinachoti (2000) coincidieron en este hecho, pues al analizar la evolución de la dureza sí que comprobaron cómo, con el paso del tiempo, iba aumentando de forma gradual en los tres productos analizados. Durante los primeros siete días observaron un aumento de la firmeza del pan almacenado, pero según describen fue causada por múltiples factores y los resultados no pudieron ser explicados solo con la pérdida de agua. El pan sin corteza almacenado mostró un aumento significativo de la firmeza y de la recristalización de la amilopectina. En este caso, el aumento de la firmeza estuvo más influido por el proceso de recristalización del almidón.

También se puede observar en la Tabla 2 cómo la resiliencia presenta valores significativamente superiores en el pan SÓRBICO, demostrando así que una mayor retención de agua favorece una mejor evolución de las propiedades texturales durante el almacenamiento de los panes.

Uno de los objetivos de los mejorantes utilizados, tanto del habitual en el CONTROL y SÓRBICO como el del objeto de estudio en el MEJORANTE, es favorecer el blanqueamiento de la miga.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

La luminosidad (L^*) podría ser una buena manera de medir el efecto blanqueador de estos productos; así, se pudo comprobar ya en el día 6 (Tabla 1) cómo el cambio en el mejorante utilizado no conduce a un aumento en la luminosidad, pues el pan MEJORANTE presentó valores inferiores a los ofrecidos por los otros panes, manteniéndose esta tendencia ya de forma significativa, tal y como muestra la ANOVA, en el día 12 (Tabla 2).

3.2.- EFECTOS DEL CAMBIO EN EL MEJORANTE Y EN EL ÁCIDO SÓRBICO SOBRE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS Y SENSORIALES.

El almacenamiento del pan conlleva un endurecimiento del mismo; éste es un proceso complicado que implica pérdida de aroma, cambios de las sensaciones en la boca y pérdida de suavidad y consistencia de la miga. Estos cambios transforman el pan fresco en un producto indeseado para el consumidor

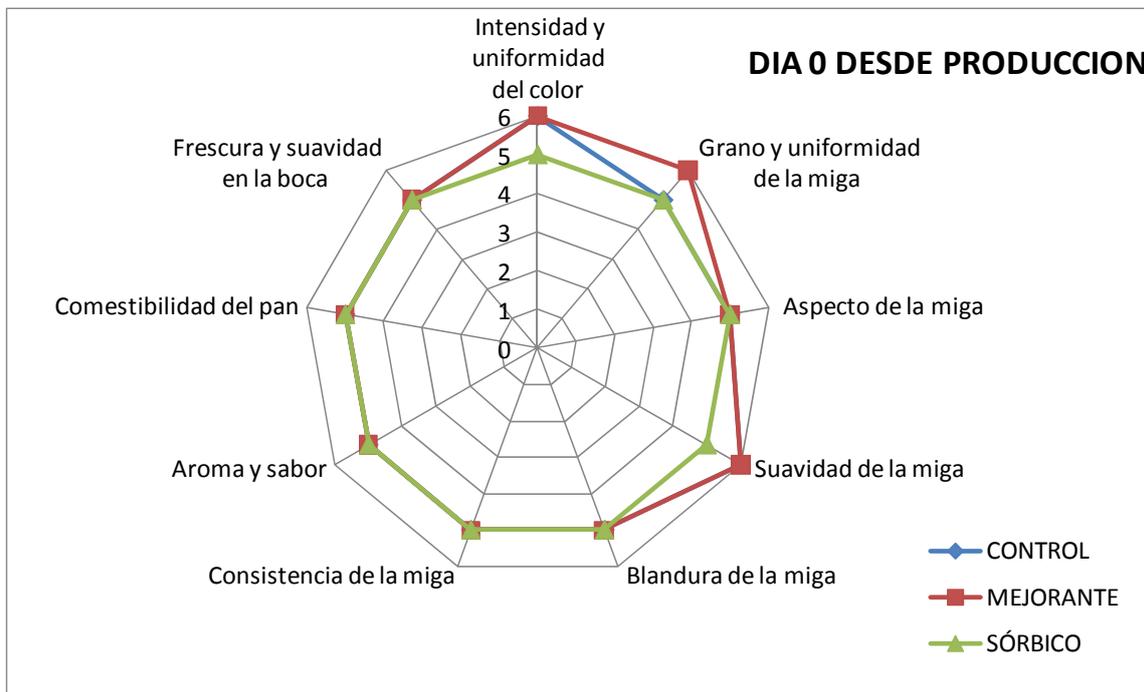
Estudios previos demostraron que la adición de emulgentes, tales como los que lleva el mejorante, pueden mejorar ciertas características de la miga (Crowley *et al.*, 2000). Los siguientes gráficos muestran la evolución de los parámetros sensoriales en los 3 panes aquí estudiados.

El día 0 (Gráfico 1), es decir, el día que fueron producidos, todos los panes presentaron altos valores (puntuaciones ≥ 5 sobre un máximo de 6) en los descriptores organolépticos, aunque el pan MEJORANTE destaca ligeramente sobre el CONTROL y sobre el SÓRBICO en cuanto al grano y suavidad de la miga, y en la intensidad y uniformidad del color respecto a este último.

Coincidiendo con nuestros resultados, en el estudio llevado a cabo por Crowley *et al.* (2000), se observó mediante análisis por imagen que la adición de emulgente produjo una reducción significativa del número de celdas en un 19% aproximadamente. También el número de celdas $< 4 \text{ mm}^2$ descendió en un 21%. En consecuencia, el número de celdas/ m^2 también disminuyó.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

Gráfico 1: valores obtenidos por los panes analizados en el día 0 durante el estudio organoléptico.



Seis días después de caducar, el día 20, todos los panes vieron disminuir sus puntuaciones en casi todos los parámetros organolépticos, aunque el pan MEJORANTE seguía manteniéndose como el superior en casi todos los puntos, especialmente en aquellos parámetros que describen el comportamiento a la hora de ser masticado (comestibilidad, aroma y sabor, consistencia y blandura) (Gráfico 2).

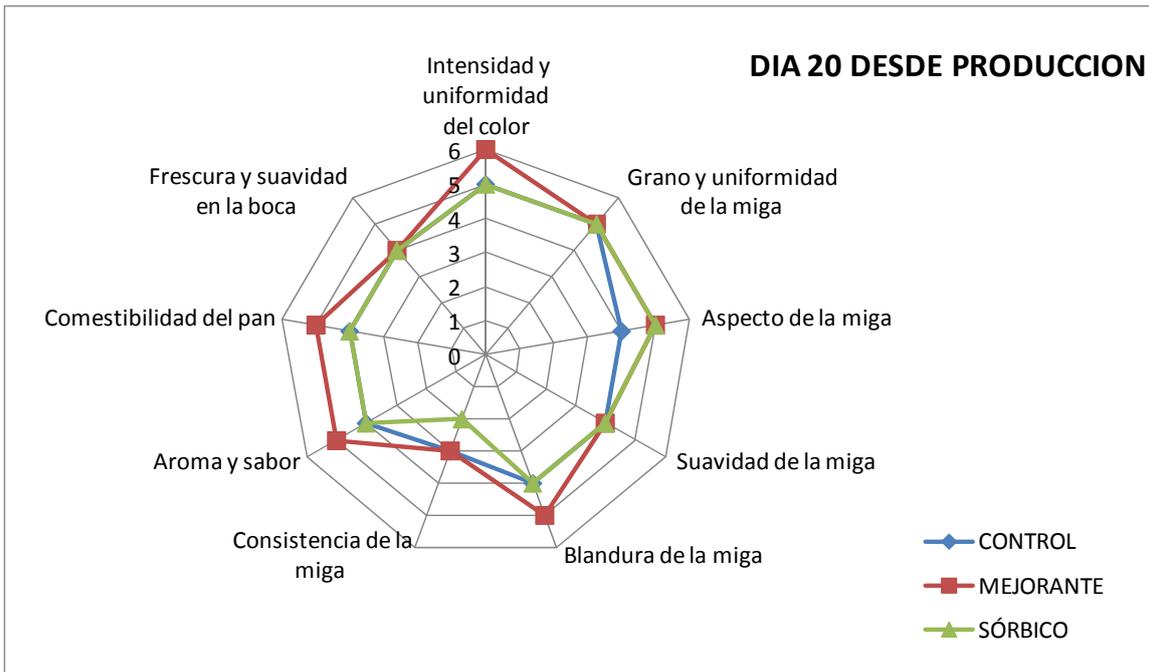
Dado que el pan blanco sin corteza caduca a los 14 días, según los resultados obtenidos desde el día cero hasta el veinte, el cambio en el mejorante habitual supondría un progreso importante en las propiedades sensoriales durante todo el periodo en el que el producto está disponible para los consumidores. Este hecho podría decantar la elección hacia el pan MEJORANTE, pues el cliente sí que es capaz de apreciar y valorar estas características al consumir el producto.

El cambio en el ácido sórbico no parece afectar en gran medida a estos parámetros sensoriales durante los primeros 20 días; quizás destacar una ligera mejoría en el aspecto de la miga y un mínimo empeoramiento de la consistencia del pan.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

Sin embargo, estos cambios apenas apreciables podrían ser más debidos a la variabilidad existente entre panes de una misma ráfaga que al cambio en el conservante utilizado.

Gráfico 2: valores obtenidos por los panes analizados en el día 20 durante el estudio organoléptico.



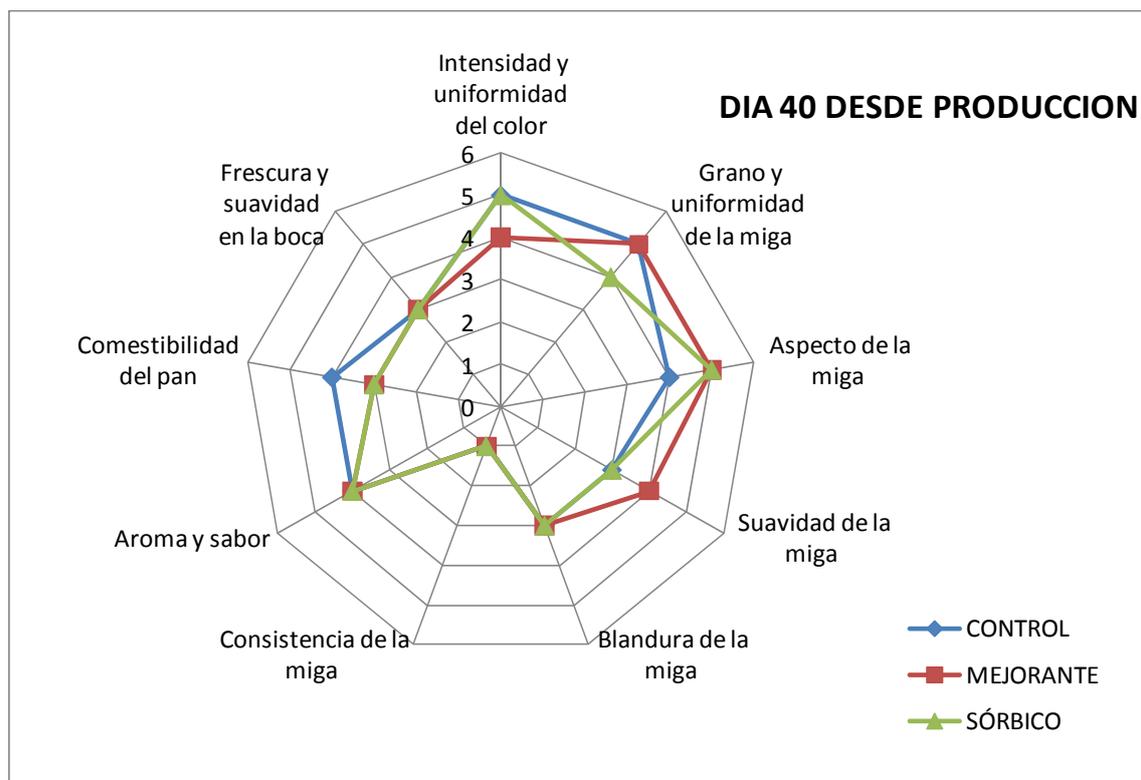
Finalmente, el último día de estudio todos los parámetros analizados presentaron valores muy bajos en los 3 panes (Gráfico 3) y el pan MEJORANTE no presentó aquí la tendencia que venía manteniendo durante los controles anteriores. Los resultados son en cierta medida anárquicos, aunque sí que se puede apreciar cómo los tres productos han experimentado un descenso en sus características organolépticas, sirva la consistencia de la miga como ejemplo, por debajo de los valores mínimos aceptables de calidad.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

Este hecho probablemente sea consecuencia de que son panes cuya vida útil es de 14 días, por lo que a los 40 días sus propiedades sensoriales pueden verse afectadas por múltiples factores, tales como la pérdida de agua, y siempre que la acción microbiológica no deteriorase el producto mucho antes, como usualmente ocurre.

En 2004, Gambaro *et al.* pudieron comprobar que un 75% de los consumidores aceptaban el pan almacenado durante el periodo máximo de 17 días, pero a los 23 días el 50% rechazaba el producto; por este motivo, no es tan preocupante la evolución sensorial a los 40 días, superando la fecha de caducidad, como lo puede ser a los 10 o 20 días.

Gráfico 3: valores obtenidos por los panes analizados en el día 40 durante el estudio organoléptico.

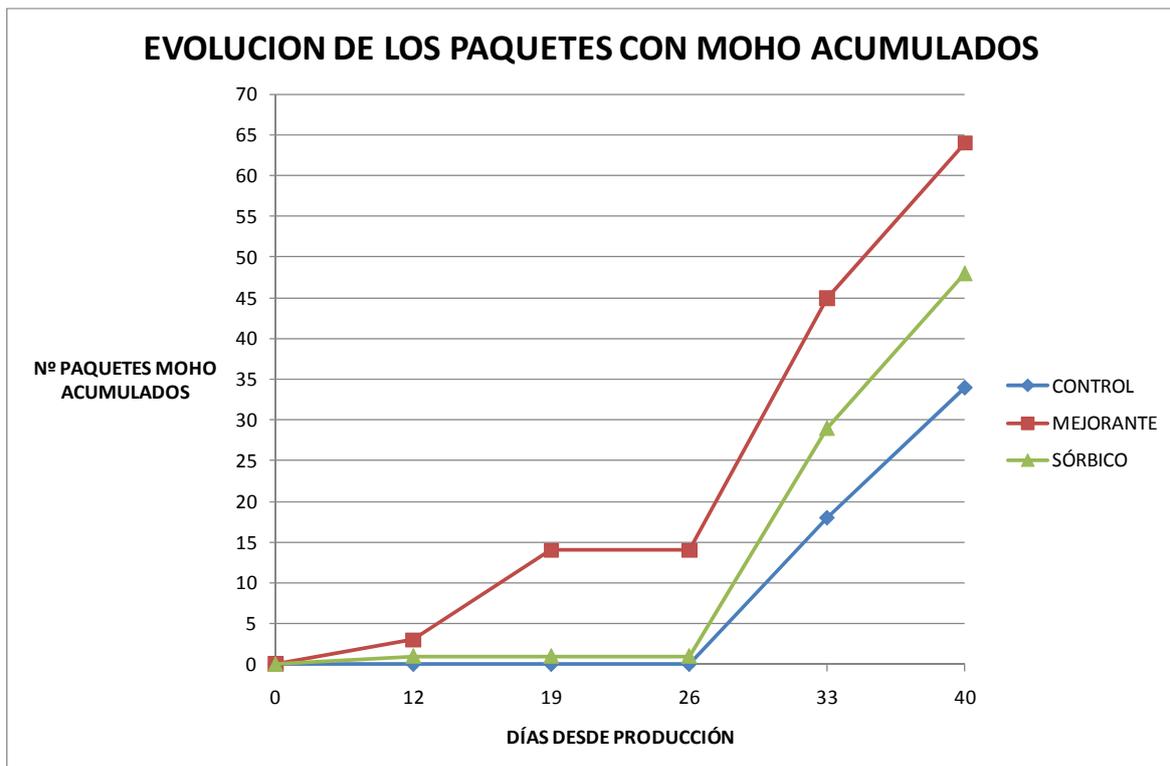


Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

3.3.- EFECTOS DEL CAMBIO EN EL MEJORANTE Y EN EL ÁCIDO SÓRBICO SOBRE EL DETERIORO MICROBIOLÓGICO.

El objetivo de sustituir el ácido sórbico era conseguir disminuir la aparición de mohos durante el periodo de almacenamiento del pan. Sin embargo, como se puede observar en el Gráfico 4, un cambio en la formulación, tanto en el sórbico como en el mejorante y especialmente en este último, favorece la aparición de mohos, perjudicando así la vida útil del producto.

Gráfico 4: evolución microbiológica de los panes analizados durante el periodo de estudio.



Una posible explicación es que estos cambios en la formulación provoquen efectos indeseados en las características del producto, como podría ser un aumento del pH o en la actividad de agua (a_w), o que no sean indeseados pero favorezcan la proliferación microbiana, como la mayor capacidad de retención de agua durante el almacenamiento que presentan los panes MEJORANTE y SÓRBICO.

Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales.

De esta manera, aunque los nuevos productos utilizados sean tan útiles como los habituales, sería conveniente valorar que otras características se ven afectadas para intentar corregir estos defectos y conseguir unos resultados superiores.

4.- CONCLUSIONES

Al valorar los resultados obtenidos durante el periodo de estudio, se ha podido comprobar que, si bien el cambio en el mejorante y en el ácido sórbico implica una mayor retención de agua en el producto y una mejor evolución textural, organoléptica y sensorial del producto, también implica un mayor desarrollo microbiológico.

A la hora de valorar cuál de estas consecuencias tiene más peso, lo lógico es seguir utilizando el mejorante y el sórbico habituales, pues la aparición de mohos es el principal problema que este tipo de industria presenta, y no puede permitirse dar un paso atrás en la conservación del producto.

No obstante, sería ideal establecer las causas que provocan este aumento en el desarrollo microbiológico con el objetivo de mejorar y evolucionar estos productos para que su aplicación tenga sentido y fundamento.

5.-BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. Method 965.33. 18^o Edition. . Gaithersburg. Maryland - USA.
- Moo-Yeol Baik and Pavinee Chinachoti. 2000. Moisture Redistribution and Phase Transitions During Bread Staling. American Association of Cereal Chemists, Inc. Department of Food Science, University of Massachusetts, Amherst, MA 01003.
- Barcenas, M.E., M. Haros and C.M. Rosell, 2003. An approach to studying the effect of different bread improvers on the staling of pre-baked frozen bread. Eur. Food Res. Technol., 218: 56-61.
- Barret, A.H., Marando, G., Leung, H. and Kaletunç, G. 2005. Cereal Chemistry. 82:152–157.

- Blaszcak, W. Sadowska, J. Rosell, C.M. Fornal, J. 2004. *Eur Food Res Technol.* 219:348–354.
- Bonet, A. Rosell, C.M. Caballero, P.A. Gómez, M. Pérez-Munuera, I. Lluch, M.A. 2005. Glucose oxidase effect on dough rheology and bread quality: A study from macroscopic to molecular level. *Food Chemistry* 99: 408–415.
- Caballero, P.A. Gómez, M. Rosell, C.M. 2006. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. *Journal of Food Engineering* 81: 42–53.
- Cheftel, J.C. and Cheftel, H. 1992. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Volumen I.* Zaragoza: ed. Acribia.
- Crowley, P. Grau, H. and Arendt, E. K. 2000. Influence of Additives and Mixing Time on Crumb Grain Characteristics of Wheat Bread. *Cereal Chem.* 77(3):370–375.
- Dragsdorf, R. D. and Varriano-marston, E. 1980. Bread staling: X-ray diffraction studies on bread supplemented with amylases from different sources. *Cereal Chem.* 57:3 10.
- Fiszman, S.M., Salvador, A., Sanz, T., 2005. Why, when and how hydrocolloids are employed in batter-coated food: a review. *Progress in Food Biopolymer Research* 1, 55–68.
- Gambaro, A., S.M. Fiszman, A. Gimenez, P. Varela and A. Salvador. 2004. Consumer acceptability compared with sensory and instrumental measures of white pan bread: Sensory shelf life estimation by survival analysis. *J. Food Sci.*, 69: 401-405.
- Gómez, M. Oliete, B. Pando, V. Ronda, F. and Caballero, P.A. 2007. Effect of fermentation conditions on bread staling kinetics. *Eur Food Res Technol* 226:1379–1387.
- Gray, J.A. and Bemiller, J.N. 2003. *Bread Staling: Molecular Basis and Control.* Food Science and Food Safety.
- He, H. and Hosney, R. C. 1990. Changes in Bread Firmness and Moisture During Long-Term Storage. *Cereal Chem.* 67(6):603-605.
- Hellman, N. N., Fairchild, B. and Senti, F. R. 1954. The bread staling problem. Molecular organization of starch upon aging of concentrated starch gels at various moisture levels. *Cereal Chem.* 31:495.

- Hug-Iten, S., Escher, F. and Conde-Petit, B. 2003. Staling of Bread: Role of Amylose and Amylopectin and Influence of Starchdegrading Enzymes. *Cereal Chem.*, 80: 654-661.
- Jarvis, B. 1972. Mould spoilage of food. *Process Biochemistry* 7 (5), 11-14.
- Martinez-Anaya MA, Jimenez T (2001) *Z Lebensm Unters Forsch* 205:209–214
- Katz, J.R. 1928. Gelatinization and retrogradation of starch in relation to the problem of bread staling. Page 68 in: comprehensive survey of starch chemistry. Vlo. I. R. P. Walton, ed. Chemical Catalog Co., New York.
- Kim-Shim, M.S., Mari, F., Rao, P.A., Stengle, T.R. and Chinahoti, P. 1991. O nuclear magnetic resonance studies of water mobility during bread staling. *J. Agric. Food Chem.* 39: 1915.
- Kulp, K. 1979. Staling of bread. *Am. Inst. Baking Tech. Bull.* 1(8): 1.
- Legan, J. D. 1993. Moulds spoilage of bread: The problem and some solutions. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 32, 33–53. Leung *et al.*, 1983
- Lin, W. and Lineback, D. R. 1990. Change in carbohydrate fractions in enzyme-supplemented bread and potential relationship to staling. *Starch/Statrke: Vol.42* 385
- Mettler, E. and Seibel, W. 1993. Effects of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality. A surface response methology. *Cereal Chem.* 70 (4) 373.
- Newbold, M. W. 1976. Crumb softeners and dough conditioners. *Bakers Dig.* 50(4):37.
- Quail, K.J. 1996. *Arabic Bread Production*. Pp. 1–129. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemist.
- Rosell, C.M. Rojas, J.A. Benedito, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. In *Food Hydrocolloids*, vol. 15, 2001, no. 1, p. 75-81.
- Sahlström S., Brathen E. 1997. Effects of enzyme preparations for baking, mixing time and resting time on bread quality and bread staling. *Food Chem.*, 58: 75–80.
- Schiraldi A, Fessas D. 2001. Mechanism of staling:an overview. In: Chinachoti P, Vodovotz Y, editors. *Bread Staling*. New York: CRC press. P 1-17.
- Shah, A. R., Shah, R. K., Madamwar, D. (2006) Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from *Aspergillus foetidus*. *Bioresource Technology*, 97, pp. 2047–2053.

- Smith, J. P. Daifas, D.P. El-Khoury, W. Koukoutsis, J. and El-Khoury, A. 2004. Shelf life and safety concerns of bakery products – a review. In Crit Rev Nutr, vol. 44, 2004, no. 1, p. 19-55.
- Tejero, F. Asesoría Técnica en Panificación Francisco Tejero, en: www.franciscotejero.com.
- Twillman, T. J., and P. J. White. 1988. Influence of monoglycerides on the textural shelf life and dough rheology of corn tortillas. Cereal Chemistry 65(3): 253-257.
- Vodovotz, Y., Hallberg, L., Chinachoti, P., 1996. Effect of aging and drying on thermomechanical properties of white bread as characterized by dynamic mechanical analysis (DMA) and differential scanning calorimetry (DSC). Cereal Chemistry 73, 264–270.
- Wynne-Jones S, Blanshard JMV. 1986. Hydration studies of wheat starch amylopectin, amylose gels and bread by proton magnetic resonance. Carbohydrate Polym 6:289-306.
- ZELEZNAK, K. J., and HOSENEY, R. C. 1986. The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. Cereal Chem. 63:407.