

Efecto de la granulometría del bicarbonato de sodio en la producción de galletas tipo soda

Rafael Villanueva Flores

Ingeniero industrial por la Universidad de Lima. Master of Food Science and Engineering por la Kansas State University. Jefe de Ingeniería de Nabisco Perú S.A.

Consultor nacional e internacional.

En el presente artículo el autor investiga el rol del bicarbonato de sodio en la etapa de neutralización o el proceso de producción de galletas tipo soda.

En productos fermentados –sistemas esponja/masa– el control del PH de la esponja es un aspecto de la producción que es difícil de anticipar y por ende de controlar. La neutralización de la esponja ocurre más rápidamente cuando se utiliza un bicarbonato de sodio más fino debido a su ritmo de solubilidad.

Introducción

Lo que conocemos con el término galleta cubre un amplio espectro de productos que va desde las semidulces, cortadas por alambre, depositadas o extruidas, químicamente leudadas, hasta las fermentadas y laminadas.

En galletas fermentadas del tipo soda, al igual que en cualquier otro producto, poder conservar las mismas características del producto final de un lote de producción a otro es de importancia fundamental para mantener la preferencia y fidelidad del consumidor. Generalmente, esto no representa problema en productos leudados químicamente, donde el proceso es fácilmente controlable. Sin embargo, lo mismo no es cierto para productos fermentados, en donde el manejo de gran número de variables presentes durante el proceso de fermentación eleva el control a algo cercano a un arte.

En productos fermentados –sistemas esponja/masa– el control del pH de la esponja es un aspecto de la producción que es difícil de anticipar y por ende de controlar. Finalmente, es intrínseco a las características finales del producto.

El leudado químico y la fermentación de la esponja y masa representan las dos maneras más comunes de leudado. En cada uno de estos sistemas el bicarbonato de sodio cumple roles distintos y muy diferentes.

En productos leudados químicamente, el bicarbonato de sodio constituye el leudante que reacciona con un ácido leudante de grado alimentario o sal ácida para producir dióxido de carbono. En este sistema de leudado, la soda se disuelve casi instantáneamente, de manera que el nivel de producción de dióxido de carbono está gobernado por la solubilidad de la sal ácida. Durante el horneado, el dióxido de carbono en la masa se expande, produciendo el ‘levantamiento’ asociado con el leudado e imparte características específicas al producto final. En algunos productos el bicarbonato de amonio es utilizado específicamente como una ayuda en el proceso para promover el pardeamiento. En estos productos, cuando el bicarbonato de amonio se disuelve, el amonio libre eleva el pH del producto, lo cual acelera el proceso de pardeamiento durante el horneado, momento durante el cual el amonio volatilizado escapa del producto resultando en un producto con pH cercano a la neutralidad. Debido a que los aspectos del leudado químico son cuantificables

(medibles) este sistema de leudado es de lejos el método más versátil. Proporciona al productor un alto nivel de control sobre muchas características del producto final, incluyendo el pH.

En contraste, algunos productos hechos por el proceso esponja-masa son leudados por fermentación, al igual que por leudado químico. La producción de galletas del tipo soda es un ejemplo típico de este proceso, así como es clave un período largo de fermentación –hasta 24 horas– seguido por una laminación para reducir la masa a una lámina continua de 7-10mm de espesor. Luego, la masa es plegada en cinco a siete capas y pasada nuevamente a través de rodillos para reducirle el espesor a 2-2,5mm. A continuación el paño laminado es cortado, estampado (utilizando cortadores recíprocos o rotocortadores) y, finalmente, cocido en hornos de banda continua (Matz, 1968).

Los hornos tradicionalmente utilizados para la producción de galletas del tipo soda son completamente del tipo de fuego directo, utilizando para ello quemadores de gas o elementos eléctricos. Este sistema permite obtener una temperatura elevada, particularmente importante en los primeros sectores del horno. En este tipo de hornos el calentamiento se lleva a cabo directamente en la cámara de combustión, sin ningún tipo de protección entre el elemento calefactor y el producto a ser horneado, excepto por el aire en el horno. Éste es el motivo por el cual no se utiliza petróleo para calentamiento directo, debido a los sabores y olores indeseados generados por la combustión. Actualmente existe la tendencia a la utilización de hornos híbridos para la producción de galletas del tipo soda. Son hornos que consisten de secciones de fuego directo (60-80%) y secciones de convección forzada (20-40%). En el sistema de convección forzada, los elementos calefactores (quemadores) están ubicados fuera de la cámara de horneado. Se encuentran selladas en cámaras denominadas, precisamente, cámaras de combustión. Este sistema se basa en la circulación de gases calientes (aire) a alta velocidad. El aire caliente es forzado mediante un ventilador hacia los productos a hornear. El aire se calienta separadamente y se introduce en la cámara de combustión a través de una serie de boquillas ajustables. La utilización del sistema de convección forzada, en los últimos sectores del horno, nace de la necesidad de lograr un mejor control del color de la galleta.

El rol principal del bicarbonato de sodio en un sistema de esponja-masa es neutralizar los ácidos producidos durante la

fermentación, que genera CO_2 y establece el pH del producto final. Durante la fermentación ocurren muchos cambios complejos en la masa, los cuales afectan el sabor, la textura y la apariencia del producto final. Consecuentemente, no puede sobreestimarse la importancia de la neutralización en las características del producto final. Por ejemplo, algunas pruebas han mostrado que cuando se utiliza poco bicarbonato de sodio, las galletas resultan de color claro, son menos suaves y poseen un sabor ligeramente ácido.

Las galletas producidas con mucho bicarbonato de sodio son más oscuras y poseen un residuo de sabor 'jabonoso'. El exceso de alcalinidad es responsable por el desarrollo de un color amarillento en los productos horneados. En medio alcalino, los pigmentos flavonoides presentes en la harina tienden a ser amarillos (Bennion, 1980). Igualmente, la reacción de Maillard ocurre más rápidamente en un medio alcalino. Adicionalmente, si la distribución del bicarbonato de sodio neutralizante no es uniforme, pueden desarrollarse manchas calientes durante el horneado que afectan negativamente la textura y el sabor.

La cantidad correcta de bicarbonato de sodio que debe ser añadida en la etapa de masa es la cantidad necesaria para conseguir el pH deseado en el producto final. Sin embargo, poder anticipar la cantidad de ácido producido durante la fermentación es una tarea difícil.

La producción de ácidos es afectada por muchos factores que incluyen temperatura y humedad, actividad amilolítica de la harina, clase y antigüedad de la levadura utilizada e incluso los residuos en la artesa. Debido a la variabilidad inherente a la producción de ácido durante la fermentación, la uniformidad en las características del producto final dependen del control que se tenga sobre el proceso de neutralización. Cuanto mejor sea el control, más uniforme será el producto final.

Materiales y métodos

Producción de galletas de soda

La fórmula, procedimiento de elaboración, características de los insumos y métodos de análisis fueron realizados de acuerdo con lo descrito por Villanueva (1994).

pH y acidez titulable

Los análisis incluyeron pH y acidez titulable de la esponja, pH de la masa y pH de la galleta. El pH de la esponja fue medido al culminar su período de fermentación (esponja final). El pH de la masa fue medido al inicio de su período de fermentación (masa inicial), en intervalos horarios durante la fermentación y al culminar su período de fermentación (masa final).

El pH fue determinado de acuerdo con la práctica de la industria, mezclando por 10 minutos 10 gramos de muestra y 100 gramos de agua destilada. El pH fue medido en un pH metro-orión previamente calibrado. La acidez titulable fue determinada para cada esponja final. Se mezclaron por un minuto 10 gramos de muestra y 100 gramos de agua destilada en un vaso pequeño. Esta suspensión fue titulada con una solución 1.0 N de hidróxido de sodio (NaOH) a pH 7.0. Los registros de acidez representan los mililitros de NaOH en la titulación. Todos los análisis fueron determinados en triplicado. Todos los valores representan el promedio de las lecturas.

Bicarbonato de sodio

Tres grados comerciales de bicarbonato de sodio (BS) fueron utilizados en las pruebas de laboratorio: grado 3 (polvo fino), grado 1 (polvo) y grado 2 (granular fino).

En la primera prueba industrial tres grados comerciales de BS fueron utilizados: grado 3 (polvo fino), grado 1 (polvo) y grado 2 (granular fino). En la segunda prueba industrial cinco grados comerciales de BS fueron utilizados: grado 3 (polvo fino), grado galletero (polvo fino tratado), grado 1 (polvo), grado 1.5 (granular extrafino) y grado 2 (granular fino).

El tamaño de partícula fue determinado utilizando el Horiba Centrifugal Particle Size Distribution Analyzer (Modelo CAPA-300, Horiba Ltd., Kyoto, Japón) de acuerdo con el procedimiento descrito por Villanueva (1991).

Discusión de resultados

Evaluación a nivel laboratorio

El tamaño de partícula para cada grado de BS utilizado se muestra en la tabla N° 1. Las pruebas sugirieron que el BS gra-

do 3 (polvo fino) eleva el pH más rápidamente que los grados más gruesos de BS, consecuentemente afectan la neutralización de la esponja. Luego de 4 horas, el pH de la masa disminuyó para todas las muestras debido a la continua actividad de la levadura y la generación de gas carbónico. El pH de la masa final y del producto final aparecen ligeramente más altos para masas que contienen BS grado 3 (véase tabla N° 2).

Tabla N° 1
Bicarbonatos de sodio evaluados

Grado industrial	Tamaño de partícula promedio (mm)	Descripción
3,0	45	polvo fino
galletero	60	polvo fino tratado
1,0	70	polvo
1,5	80	granular extrafino
2,0	110	fino granular

Tabla N° 2
Resultados de las pruebas a nivel de laboratorio

grado (tamaño de partícula)	pH esponja final	pH masa inicial	pH masa final	pH galleta
3 (45mm)	5,21	7,44	6,99	7,74
1 (70mm)	5,16	7,32	6,84	7,62
2 (110mm)	5,15	7,29	6,81	7,61

Evaluación a nivel industrial

La información obtenida durante la evaluación a nivel de laboratorio sugirió diferencias en la neutralización de la esponja entre los diferentes grados de BS evaluados, por ello se condujeron dos pruebas a nivel industrial. Las pruebas enfocaron

factores que no pueden ser duplicados a nivel de laboratorio, tales como volumen del lote y actividad de la levadura en artesas de uso industrial.

El tiempo, temperatura, pH y acidez titulable fueron monitoreados en diversas etapas del proceso. La tabla N° 3 contiene los valores de pH y acidez titulable observados durante la primera corrida. La relación entre pH de la masa inicial, pH de la galleta y la granulometría del BS fue consistente con lo observado en la prueba a nivel del laboratorio.

Tabla N° 3
Resultados de la primera prueba a nivel industrial

Grado (tamaño de partícula)	pH esponja final	AT¹ esponja final	pH masa inicial	pH masa final	pH galleta
3 (45mm)	4,32	5,67	7,31	7,12	7,95
1 (70mm)	4,27	5,37	7,30	7,18	7,92
2 (110mm)	4,33	5,52	7,17	7,11	7,56

Durante la primera prueba a nivel industrial los valores de pH y acidez titulable en las tres esponjas finales fueron esencialmente equivalentes, reflejando consistencia en el proceso. Los valores de pH de las masas iniciales luego de añadirles el BS fueron ligeramente mayores para los grados 3 y 1. Durante la fermentación, los valores de pH de las masas se equilibraron y los valores de pH de las masas finales fueron similares para todas las masas. Sin embargo, luego del horneado, las galletas hechas a partir de masas conteniendo BS grado 2 (más grueso) dieron un pH más bajo que las galletas hechas a partir de masas conteniendo BS más fino. Debido a que el grado de BS fue la única variable introducida entre los lotes, las diferencias en pH serían el resultado de diferencias en la granulometría del BS.

A pesar de que el BS de grado 2 produjo un pH más bajo en el producto final, los grados 3 y 1 fueron bastante cercanos. Para confirmar los hallazgos iniciales y para delinear mejor algu-

1 Acidez titulable.

na tendencia, se añadieron dos grados intermedios de BS para la segunda producción a nivel industrial: grado galletero (polvo fino tratado) y grado 1,5 (granular extrafino).

Los resultados obtenidos de esta segunda producción industrial confirmaron los resultados anteriores que sugieren que los grados 3 y 1 ($\leq 70\mu\text{m}$) producen un pH más alto en la masa inicial que el grado 2 (110mm), el grado más grueso utilizado (véase tabla N° 4).

Tabla N° 4
Resultados de la primera prueba a nivel industrial

Grado (tamaño de partícula)	esponja final		masa inicial	masa			galleta pH
	pH	AT ²		2hr	3hr	4hr	
3 (45 μm)	4,03	5,90	7,25	7,22	7,09	7,01	7,60
galletero (60 μm)	4,06	5,80	7,24	7,10	7,10	6,96	7,38 ³
1 (70 μm)	4,08	5,50	7,24	7,28	7,07	6,99	7,56
1,5 (80 μm)	4,09	5,50	7,21	7,19	7,10	7,02	7,53
2 (110 μm)	4,06	5,85	7,04	7,21	7,08	7,00	7,42

Luego de tres horas de fermentación todas las masas tuvieron esencialmente valores de pH equivalentes. Luego de cuatro horas de fermentación todas las masas tuvieron consistentemente valores bajos de pH. Sin embargo, a pesar de valores equivalentes de pH en masas finales, el pH de las galletas fue similar al observado en la primera prueba a nivel industrial.

El nivel de la información (con mínimos cuadrados a un nivel de confianza de 95%) mostró que el pH de la galleta para BS de grado 3 fue significativamente más alto que el BS de grado 2.

Las galletas también fueron evaluadas para determinar los efectos de la granulometría del BS en la calidad de la galleta. Las calificaciones para tamaño, textura, y consistencia fueron similares para todos los grados de BS evaluados. Se notó, sin

2 Acidez titulable.

3 Contiene un agente tratante, el cual afecta la nucleación y se presume responsable de esta variación.

embargo, que el BS más grueso (grado 2) produjo una galleta que fue ligeramente de color más claro. El *ratio* de altura de una ruma de galletas a su peso no fue afectado por la variación en la granulometría del BS (véase tabla N° 5).

Tabla N° 5
Características finales del producto
(peso y altura)

Grado (tamaño de partícula)	Altura 10 galletas (mm)	Peso 10 galletas (g)	Ratio peso a altura (mm/g)
3 (45mm)	51,45	30,40	1,69
galletero (60mm)	52,55	30,15	1,74
1 (70mm)	49,80	29,58	1,68
1,5 (80mm)	51,50	29,86	1,73
2 (110mm)	52,63	31,43	1,68

Conclusiones

La granulometría del BS utilizado en la formulación parece afectar al ritmo al cual la esponja es neutralizada. Tanto a nivel de laboratorio como a nivel industrial cuanto más fina sea la granulometría del BS, el pH de la masa inicial aumenta. Los valores de pH en la etapa de masa inicial fueron más altos con el grado 3 que con el grado 2. Todos los sistemas se equilibraron durante la fermentación, resultando en pequeñas o insignificantes diferencias en valores de pH en la etapa de masa final. Sin embargo, el pH de la galleta fue afectado por el grado del BS utilizado; el pH de la galleta es más bajo para BS gruesos (grado 2) que para BS fino (grado 3). Hay muchas posibles explicaciones para ello.

La neutralización de la esponja ocurre más rápidamente cuando se utiliza un BS más fino debido a su ritmo de solubilización. Los grados más finos de BS tienen una distribución más uniforme a través de toda la masa y las partículas más finas entran en solución más rápidamente. Cuanto más BS va en solución, los valores de pH en la etapa de masa inicial aumentan.

Durante la fermentación, luego de 2-3 horas, el pH medido de las masas fue uniforme, de manera que el pH de la masa final fue equivalente para todos los grados de BS. ¿Por qué entonces el pH del producto final varía?

Una posible respuesta es que durante la fermentación de la masa, la rápida solubilización de los grados más finos de BS crean inicialmente más ácido carbónico y sales residuales. La presencia de estas sales residuales altera (e inhibe parcialmente) la actividad de la levadura, consecuentemente afecta la cantidad y tipo de ácidos producidos. Estas diferencias en el consumo de levadura no son reflejadas en los valores de pH de la masa final debido a que los ácidos carbónicos, iones de bicarbonato, y sales ácidas producen un medio altamente amortiguante (*buffer*). Sin embargo, con el horneo, el dióxido de carbono y los ácidos volátiles son extraídos, menos base es requerida para la neutralización y menos bicarbonato residual sin reaccionar es convertido a carbonato. El resultado es un pH más alto en el producto final.

En contraste, los grados más gruesos de BS se disuelven más lentamente, permitiendo a la levadura continuar produciendo ácidos que difieren ligeramente de aquellos producidos con grados más finos de BS. Nuevamente, el sistema de la masa es amortiguada por los subproductos de la fermentación y de la reacción de neutralización. Los valores de pH para el producto final son más bajos con BS más grueso debido a que hay menos bicarbonato disuelto convertido a carbonato durante el horneo y, presumiblemente, un perfil diferente de residuo levadura-sal.

Ciertos atributos como color, sabor y desarrollo de masa son afectados por el nivel de pH. A pesar de que algunas galletas poseen un rango aceptable de valores de pH en el producto final (pH 7-8), otros sistemas son más sensibles al pH. Éstos requieren un mayor y mejor control para conseguir el producto final deseado. Variando el ritmo de solubilización del bicarbonato —como función de la granulometría del BS— se pueden alterar la neutralización de la esponja y el tiempo de procesamiento de la masa. Consecuentemente, el variar la granulometría del BS es una herramienta que podría mejorar el control sobre el proceso esponja-masa y por ende uniformar las características del producto final.

Bibliografía

Bennion, Marion

The Science of Food. San Francisco: Harper & Row Publishers, 1980.

Matz, Samuel

Cookie and Cracker Technology. Connecticut: The AVI Publishing Company, Inc. Westport, 1968.

Villanueva, Rafael

“Split Milling of a Wheat for Diversified End Use Products”. MS Thesis. Manhattan, Kansas: Kansas State University, 1991.

———.

“El rol de la fermentación en la producción de galletas tipo soda”. *Ingeniería Industrial* 10. Lima: Universidad de Lima, 1994.