

EFECTO DEL USO DE DIFERENTES ADITIVOS DE PANIFICACIÓN EN LA CALIDAD DE PANES ELABORADOS CON HARINAS COMPUESTAS A BASE DE HARINA DE TRIGO Y GERMEN DESGRASADO DE MAÍZ¹

GRANITO, Marisela² & GUERRA, Marisa³

RESUMEN

Dado el alto consumo de productos alimenticios a base de trigo (HT) importado y la producción industrial de subproductos del procesamiento del maíz (HGDM), ricos en fibra dietética, proteínas y minerales, en Venezuela se ha estudiado la factibilidad técnica de sustituir parcialmente HT por HGDM en la elaboración de productos horneados como galletas y panes. Por otra parte, considerando las restricciones existentes en el uso del bromato de potasio (BP) como aditivo de panificación y que el ácido ascórbico (AA) ha sido probado exitosamente como aditivo en panes a base de HT, en este estudio se utilizaron los aditivos (BP), (AA), gluten y mezclas de ellos, en la elaboración de panes donde la HT fue sustituida por HGDM a niveles de 10% y 15%. Se encontró que las mezclas de aditivos que originaron los menores pesos específicos fueron las que contenían gluten, seguidas por 75 ppm AA y 25 ppm BP. Se observó el efecto sinérgico de estos dos aditivos, tanto en los panes control como en los que contenían HGDM. Se puede concluir que la calidad panificable y el proceso de envejecimiento en los panes donde se sustituye la HT por HGDM, a niveles de 10%, sigue patrones similares al de los panes de 100% HT, por lo que se podría considerar viable dicha sustitución. A niveles de 15% de sustitución, la presencia de fibra origina algunos cambios en el patrón de comportamiento, por lo que se sugiere el uso de hemicelulasas en las mezclas.

Palabras clave: Aditivos, panificación, mezclas, harina de trigo, germen desgrasado de maíz.

SUMMARY

EFFECTS OF USING DIFFERENT BAKING ADDITIVES ON BREAD QUALITY MADE WITH FLOURS BASED ON WHEAT FLOUR AND DEFATTED CORN GERM. In Venezuela studies have been undertaken to determine the technical feasibility of partially substituting wheat flour (HT) for industrially produced subproducts of processed corn (HGDM) in the industrial production of baked foods such as bread and cookies. This is due to the high intake of both imported HT and HGDM. In this study, potassium bromate (BP), ascorbic acid (AA), gluten, and blends of these, were used in bread production. Potassium bromate (BP), ascorbic acid and gluten were used as additives due to the following: existing restrictions in the use of BP as an additive in bread making and effective use of AA as an additive for wheat based breads. Wheat flour was substituted by HGDM at 10 and 15 percents. The results showed that additive mixtures containing gluten resulted in the least specific weights, followed by 75 ppm AA and 25 ppm BP. A synergistic effect of these two additives was observed both the control breads and those containing HGDM. It was concluded that the bread quality as well

as the shelf-life of wheat bread with a 10% substitution by HGDM presented similar profiles compared to 100 HT breads. Therefore substitution at this level is considered feasible as 15% substitution fiber appears to cause changes in product quality. Consequently, using hemicellulase enzymes in the mixtures is suggested.

Key words: Additives; bread making; mixtures; bread flour; defatted corn germ.

1 — INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el consumo de productos alimenticios a base de trigo importado es muy alto. Según las Hojas de Balance de Alimentos (15), el pan es uno de los rubros más consumidos entre los diferentes estratos de la población. El 37% de la harina de trigo producida se utiliza en la elaboración de pan, por lo que se considera que este alimento sería un buen vehículo para llevar a la población calorías, proteínas y fibra dietética. No obstante al ser la harina de trigo deficiente en lisina, triptófano, algunos minerales y fibra dietética, se podría mejorar su valor nutricional mezclándola con alguno de los subproductos del procesamiento industrial del maíz como el germen desgrasado, subutilizado en la actualidad para consumo humano.

La tecnología empleada para obtener la harina de germen desgrasado de maíz (HGDM) se basa en el proceso de molienda seca del grano para producir harina de maíz para consumo humano y contempla una separación del endospermo, del germen y la cáscara. Este subproducto, que adicionalmente contiene fracciones de endospermo, es sometido a extracción del aceite con solventes y posteriormente es molido y tamizado. Se obtienen tres fracciones, de las cuales la de menor granulometría se envasa y comercializa para consumo humano. La de granulometría intermedia se comercializa para consumo animal.

El germen de maíz contiene de un 10 a 20% de proteína de buena calidad y minerales como el potasio, magnesio, hierro y zinc (24, 4, 5). En relación a las propiedades funcionales del germen desgrasado de maíz, HUNG y ZAYAS (14) reportaron buenas propiedades emulsificantes y WANG y ZAYAS (29), una alta capacidad de retención de agua.

Estudios previos en nuestro laboratorio, revelaron que la HGDM producida en Venezuela aporta de un 12 a 14% de proteína de buena calidad (PER = 2,60), alta digestibilidad "in vivo" (97,50%) y de un 20 a 35% de fibra dietética total. En relación al contenido de minerales, son significativos los aportes de potasio (702 mg/100g muestra), magnesio (474 mg/100g muestra), fósforo (702 mg/100g muestra), calcio (12,35mg/100g muestra) e hierro (9,1 mg/100g muestra). En cuanto a sus propiedades funcionales, presenta una

¹ Recibido para publicación el 12/08/96. Aceptado para publicación el 08/05/97.

² Universidad Simón Bolívar, Dpto. de Tecnología de Servicios, Sede del Litoral, Venezuela.

³ Universidad Simón Bolívar, Dpto. de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Sede de Sertanejas, Venezuela.

alta capacidad de retención de agua y buena solubilidad proteica medida a diferentes pH. Asimismo, en pruebas de panificación realizadas con mezclas donde la harina de trigo (HT) fue sustituida parcialmente por diferentes porcentajes de HGDM de dos granulometrías diferentes, se encontro que utilizando hasta un 12% de sustitución, se podían obtener panes cuyo peso especifico no diferia en forma significativa de los panes preparados con 100% de HT.

Por más de 60 años, el bromato de potasio (BP) fue utilizado a nivel mundial, como el más completo aditivo mejorador del pan. Las concentraciones máximas permitidas en panificación se han establecido en 75 ppm (27). Sin embargo aspectos como su alta tendencia a causar explosiones (27), un LD50 de 320 mg/kg y las propiedades carcinógenas demostradas en ratas (27) llevaron a muchos países a prohibir su uso.

Como sustitutos del BP, se han utilizado el Ácido Ascórbico (AA) (8), enzimas (13), monoglicéridos y lecitina (2) y mezclas BPIAA debido al efecto de sinergismo que se presenta entre ambos compuestos (27).

Por otra parte, es un hecho conocido que la presencia de fibra dietética en las masas para panificación afecta la calidad del producto final. Para evitar este efecto negativo, se han utilizado con éxito enzimas hemicelulasas (13), gluten y surfactantes (28, 22).

En virtud de lo anterior y considerando que el germen desgrasado de maíz es un subproducto de producción continua en el país y por ende un posible sustituto parcial para la HT importada, resultado de interés investigar las propiedades fisicoquímicas y calidad de horneado de panes elaborados con mezclas de harinas, donde la HT fue parcialmente sustituida por 10% y 15% de HGDM, utilizando como aditivos ácido ascórbico (AA), bromato de potasio (BP) y gluten (GL), en forma individual. Con estas mezclas se formularon panes a los que se les midió peso específico y textura instrumental para determinar si estas características de calidad fueron afectadas por el uso de los diferentes aditivos.

Adicionalmente, se realizó un estudio sensorial a los panes a fin de determinar si la variación en los aditivos originó variación en el sabor y textura del producto final. Asimismo, se hizo un estudio de envejecimiento a los panes durante un período de 7 días.

2 — MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 – Muestras de harinas

Se usó harina de trigo de primera tipo "común" para panificación, sin aditivos añadidos (HT) y fracción fina de germen desgrasado de maíz (HGDM). Dichas harinas fueron facilitadas por las industrias "Gramoven" y "Promasa" respectivamente.

2.2 – Aditivos

Los aditivos utilizados fueron Bromato de Potasio, Ácido L-Ascórbico y Gluten (Fábrica Venezolana de Proteínas, S.A.).

2.3 – Caracterización de las materias primas

Previo al mezclado, se caracterizaron las harinas mediante determinación de humedad, proteínas, cenizas, grasa cruda, utilizando los métodos N° 44-15A, 46-11A, 08-11 (1); fibra dietética total, (25), índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua (17).

2.4 – Preparación de las mezclas

Se prepararon mezclas sustituyendo parcialmente la HT por 10 y 15% de HGDM. Paralelamente, se llevó un control de 100% de HT.

Las harinas se mezclaron en una mezcladora "Hobart" por un período de 10 minutos, en la posición de velocidad media (2). Posteriormente, se añadieron los aditivos en cantidades basadas en el peso de HT y se volvieron a mezclar por 5 minutos, en la posición de velocidad media. Las mezclas originadas fueron las siguientes:

- Mezcla 1 (M1): 90% HT + 10% HGDM + 100 ppm AA
- Mezcla 2 (M2): 90% HT + 10% HGDM + 75 ppm AA + 25 ppm BP
- Mezcla 3 (M3): 87% HT + 10% HGDM + 75 ppm BP + 3% Gluten
- Mezcla 4 (M4): 85% HT + 15% HGDM + 100 ppm AA
- Mezcla 5 (M5): 85% HT + 15% HGDM + 75 ppm AA + 25 ppm BP
- Mezcla 6 (M6): 82% HT + 15% HGDM + 75 ppm BP + 3% Gluten
- Mezcla 7 (M7): 100% HT + 100 ppm AA
- Mezcla 8 (M8): 100% HT + 75 ppm AA + 25 ppm BP
- Mezcla g (Mg): 97% HT + 75 ppm BP + 3% Gluten

2.5 – Proceso de panificación

Con estas mezclas se realizaron las pruebas de panificación, utilizando la siguiente fórmula: 100 g de mezcla, 5% de azúcar, 4% levadura, 2% sal, 2% de grasa, 0,66% de conservante y agua, de acuerdo a los resultados del farinograma realizado previamente a cada mezcla. Todos los ingredientes se amasaron en una amasadora "Hobart" por 7 minutos, se laminaron, cortaron en unidades de 750g, se bolearon y se dejaron en reposo por 15 minutos a temperatura ambiente (32°C). A continuación se formaron, se colocaron en los moldes y se procedió al segundo reposo de 2 horas a temperatura ambiente. Cuando la masa alcanzaba el nivel óptimo de fermentación, evidenciado a través del crecimiento de la misma hasta dos tercios del molde, se hornearon los panes a 250°C (26).

2.6 – Caracterización de los panes

Posterior al horneado se desmoldaron y se dejaron en reposo a temperatura ambiente. A las 24 horas se pesaron y se les determinó el volumen usando semillas de nabo y el método de desplazamiento de semillas (12). Se reservó un lote de panes para realizar la evaluación sensorial y las determinaciones de textura instrumental. Estos fueron rebanados y almacenados en bolsas de polietileno.

2.7 – Evaluación sensorial

El sabor y la textura fueron determinados a través de una evaluación sensorial usando un "Diseño de Bloque

Incompleto de Muestras", con 4 panelistas entrenados, 3 muestras por grupo y 4 repeticiones (21). La metodología empleada fue la de "Escala de Calidad Estructurada", para evaluar el sabor y la textura mediante una escala de 6 puntos (1 = me gusta mucho; 6 = me disgusta mucho) (31).

2.8 – Determinación de la textura instrumental

Se cuantificó la textura instrumental de los panes mediante una compresión simple en plato en un texturómetro Instron Universal modelo 1125, usando las siguientes condiciones: celda de carga: 1kg; diámetro de la plúmilla: 1,25 mm; velocidad del cabezal: 1 cm/min; velocidad del papel: 5 cm/min; espesor de la muestra: 3 cm; penetración de la plúmilla: 50%. La textura se expresó en términos de dureza o fuerza de compresión (7).

2.9 – Análisis de los datos

Todos los análisis se realizaron por triplicado y los datos se expresaron en términos de promedio de y desviación estándar. La variación de peso específico entre los diferentes panes y los resultados de la evaluación sensorial, fueron sometidos a un análisis de variancia (ANOVA) para establecer si se presentaron diferencias significativas entre las muestras. En caso positivo, se aplicó un test de "Duncan" para comparar pares de medias y así determinar entre que muestras existían diferencias significativas (23). Se usó el programa estadístico computarizado BMDP.

3 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la *Tabla 1*, si bien el contenido de proteína de la HT fue mayor que el de la HGDM, el contenido de fibra dietética total fue muy superior para el germen desgrasado de maíz, lo que permite inferir un posible incremento en el contenido de fibra del producto final. GRANITO y GUERRA (11), reportaron un aumento del 79,32% en el contenido de fibra dietética total en panes donde la HT fue reemplazada por 10% de HGDM. De igual forma el contenido de cenizas y por ende el de minerales también se incremento en un 59,50%.

Se escogieron niveles de sustitución de 10 y 15%, porque en estudios previos se encontro que este rango era adecuado para sustituir la HT por HGDM, debido a que las variaciones en el peso específico no eran significativas al compararlo con un control (11).

En la *Tabla 2*, se pueden observar las variaciones en el peso específico y en la textura de los panes elaborados con las diferentes mezclas de aditivos. Para las mezclas con 10% de sustitución (M1, M2, M3) se encontro un ligero incremento en el peso específico de esos panes, respecto a los panes patrón (100% HT). Para los panes con 15% de sustitución (M4, M5, M6), el incremento fue mayor. Estos resultados concuerdan con lo reportado por BARBER *et al* (3) y GRANITO y GUERRA (11), quienes encontraron variaciones del peso específico entre 0,18 g/cc y 0,45 g/cc. El aumento en el peso específico o disminución en el volumen de los panes, observado a medida que se incremento el porcentaje de sustitución, se debe a la dilución producida en el contenido del gluten y al efecto "per se" de la fibra presente en las mezclas (22).

TABLA 1. Composición proximal y contenido de fibra dietética total de las materias primas.

	g/100g	HGDM	HT
Humedad		9,82±0,18	12,40±0,20
Proteína cruda (n x 6,25)		12,86±0,09	14,56±0,07
Grasa cruda		0,24±0,04	0,52±0,02
Cenizas		3,96±0,02	0,53±0,02
Carbohidratos*		51,76	68,74
Fibra dietética total		21,36±0,21	3,25±0,41

Los resultados se expresan como el promedio de tres determinaciones y de desviación estándar.

* Calculados por diferencia. No influyen aquellos que forman parte de la fibra dietética total.

TABLA 2. Volumen, peso específico y textura de los panes medidos a las 24 hr de horneados.

Muestra	Volumen (cc)	Peso específico (g/cc)	Textura (kg)*
M1	1340±0,069	0,30c±0,069	1,45a
M2	1206±0,083	0,29b±0,083	2,25c
M3	1576±0,089	0,22a±0,089	2,52c
M4	1108±0,020	0,34d±0,020	2,70c
M5	1153±0,088	0,31c±0,088	2,28b
M6	1406±0,065	0,26b±0,065	2,30c
M7	2287±0,087	0,27b±0,087	1,40a
M8	2740±0,055	0,20a±0,087	1,90b
M9	2832±0,073	0,25a±0,073	1,50a

Los resultados se presentan en términos de promedio y de desviación estándar

Los promedios con letras comunes no presentaron diferencias significativas al 95% de confiabilidad.

Mezcla 1 (M1): 90% HT + 10% HGDM + 100 ppm AA

Mezcla 2 (M2): 90% HT + 10% HGDM + 75 ppm AA + 25 ppm BP

Mezcla 3 (M3): 87% HT + 10% HGDM + 75 ppm BP + 3% Gluten

Mezcla 4 (M4): 85% HT + 15% HGDM + 100 ppm AA

Mezcla 5 (M5): 85% HT + 15% HGDM + 75 ppm AA + 25 ppm BP

Mezcla 6 (M6): 82% HT + 15% HGDM + 75 ppm BP + 3% Gluén

Mezcla 7 (M7): 100% HT + 100 ppm AA

Mezcla 8 (M8): 100% HT + 75 ppm AA + 25 ppm BP

Mezcla 9 (M9): 97% HT + 75 ppm BP + 3% Gluten

* Medida como la fuerza necesaria para originar un 25% de deformación

Se utilizaron los aditivos y las mezclas indicadas en la metodología, porque se quería comprobar si el efecto de sustitución del BP por AA observado por CORRALES *et al* (8) en panes elaborados a base de HT, se observaba en panes elaborados con mezcla HT-HGDM. Asimismo determinar si el efecto sinérgico entre el BP y AA se presentaba en mezclas HT-HGDM.

En la *Tabla 2*, se puede observar el efecto de los diferentes aditivos y mezclas de ellos, sobre el peso específico de los panes medidos a las 24 horas de horneados.

Para los panes con 100% de HT (controles), no se encontraron diferencias significativas al 95% de confiabilidad, entre los pesos específicos de los panes adicionados con 75 ppm BP + 3% gluten y los que contenían 75 ppm AA + 25 ppm BP. Los que contenían 100 ppm AA resultaron significativamente diferentes. Igual comportamiento se encontró para las mezclas adicionadas con 10% y 15% de HGDM. En general, en los panes donde se utilizó 75 ppm de BP + 3% de gluten como mezcla de aditivos (M3, M6, M9), los pesos específicos fueron menores. Le siguieron, en orden creciente, los panes donde se utilizó como mezcla de aditivos 75% de AA y 25% de BP (M2, M5, M8) y finalmente los que tuvieron los mayores pesos específicos fueron aquellos donde se usó como aditivo 100% de AA (M1, M4, M7).

De acuerdo a lo reportado por RANUN (27), el efecto mejorador del BP se potencia en presencia de harinas con alto contenido de proteínas. En las mezclas M3, M6, M9, el contenido de proteína fue superior al de las otras mezclas debido al gluten añadido, por lo que era de esperar mayores volúmenes, no solo por lo postulado por RANUN (27) sino por el efecto del gluten "per se" (10, 30).

El BP es ampliamente conocido como un aditivo mejorador de acción lenta. Actúa en las etapas iniciares del amasado y desaparece casi en su totalidad durante el horneado (27). Por otra parte, el AA se caracteriza por un efecto mejorador rápido y continuo, que es capaz de contrarrestar cualquier posible sobremezclado (20). Estas posiblemente sean las razones por las cuales se ha reportado la existencia de un efecto sinérgico entre ambos aditivos. Este efecto sinérgico fue observado por KULP (19), KLAUI (18), FITCHETT y FRAZIER (9), BOYACIOGLU y D'APPOLONIA (6) y en la presente investigación, donde se encontraron pesos específicos menores para las mezclas donde se usó como aditivo una mezcla de 75% AA y 25% BP, si se les compara con los panes obtenidos al usar 100% de AA.

Es importante señalar que los panes que contenían 15% de sustitución de HT por HGDM, independientemente del aditivo utilizado, presentaron los mayores pesos específicos. La explicación a este comportamiento podría basarse en el hecho de que la presencia de fibra a niveles superiores a 10% afecta el volumen, textura y el color de los panes (22) independientemente del aditivo mejorador utilizado. BOYACIOGLU y D'APPOLONIA (6), utilizando diferentes aditivos, no lograron mejorar el volumen de panes elaborados con harinas de diferentes tamaños de partículas. El efecto de la fibra en las masas panificables y por ende en el pan, solo puede ser contrarrestado con la presencia de enzimas hemicelulasas (13).

La dureza es un parámetro que usualmente se mide al evaluar la calidad de un pan. En la *Tabla 2*, se puede observar la dureza obtenida para los diferentes panes elaborados, a las 24 hr de horneados. Los panes menos duros resultaron ser los adicionados de 100 ppm AA, seguidos por los que contenían 75 ppm BP + 3% gluten y finalmente, los que contenían 75 ppm AA + 25 ppm BP. Se ha reportado que los volúmenes obtenidos al utilizar mezclas AA-BP son superiores a los que contienen solo AA, sin embargo en los primeros la dureza es mayor y el grano es más grueso debido al efecto de sobreoxidación producido por el BP, siendo este aspecto más pronunciado en mezclas de hari-

nas "débiles" o bajas en gluten (6). Resulta evidente que, a medida que se aumento el porcentaje de sustitución, también se incremento la dureza de los panes respecto a los controles.

En la *Tabla 3*, se expresan los resultados del análisis sensorial. En general, se observó la misma tendencia en la textura sensorial que en la instrumental. Los panes con mejor textura resultaron los adicionados con 100 ppm AA.

TABLA 3. Sabor y extura sensoriales medidos en los panes a las 24 hr de horneados.

Muestra	Sabor	Textura
M1	2,000 a	4,125 a
M2	1,875 a	3,125 b
M3	1,875 a	3,000 b
M4	2,125 b	4,000 a
M5	2,150 b	3,375 b
M6	2,250 b	3,000 b
M7	1,875 a	4,500 a
M8	1,875 a	3,875 a
M9	1,875 a	4,000 a

Los resultados se presentan en términos de promedio y de desviación estándar

Los promedios con letras comunes no presentaron diferencias significativas al 95% de confiabilidad.

Mezcla 1 (M1): 90% HT + 10% HGDM + 100 ppm AA

Mezcla 2 (M2): 90% HT + 10% HGDM + 75 ppm AA + 25 ppm BP

Mezcla 3 (M3): 87% HT + 10% HGDM + 75 ppm BP + 3% Gluten

Mezcla 4 (M4): 85% HT + 15% HGDM + 100 ppm AA

Mezcla 5 (M5): 85% HT + 15% HGDM + 75 ppm AA + 25 ppm BP

Mezcla 6 (M6): 82% HT + 15% HGDM + 75 ppm BP + 3% Gluén

Mezcla 7 (M7): 100% HT + 100 ppm AA

Mezcla 8 (M8): 100% HT + 75 ppm AA + 25 ppm BP

Mezcla 9 (M9): 97% HT + 75 ppm BP + 3% Gluten

Respecto al sabor, al igual que lo reportaron GRANITO y GUERRA (11), no se encontraron diferencias significativas entre los panes con 10% de sustitución de HT (M1, M2, M3) y los panes controles (M7, M8, M9). Los panes con 15% de sustitución (M4, M5, M6), obtuvieron un sabor ligeramente inferior, probablemente porque a esos niveles de sustitución ya se siente un suave sabor a maíz. No obstante, debe señalarse que de acuerdo a lo señalado por los panelistas, el mismo no resulta desagradable sino *diferente* al pan blanco. La presencia de los diferentes aditivos no produjo diferencias significativas en cuanto al sabor a un 95% de confiabilidad.

Al evaluar las variaciones en peso específico durante 7 días de almacenamiento (*Tabla 4, Figura 1*), se encontró que el mismo vario entre un 8% y 9% para todas las muestras. Independientemente del aditivo utilizado, se presentó un comportamiento similar: los panes disminuyeron su peso específico durante el almacenamiento. Las diferencias significativas en lo que a peso específico se refiere encontradas a las 24 horas de horneados los panes, se mantuvieron a los 7 días de almacenamiento.

TABLA 4. Variación del peso específico de los panes con el tiempo de almacenamiento.

Muestra	Día 1	Día 3	Día 7
M1	0,30c±0,069	0,28b±0,092	0,26b±0,039
M2	0,29b±0,083	0,28b±0,043	0,25b±0,021
M3	0,22a±0,089	0,21a±0,076	0,20a±0,076
M4	0,34d±0,020	0,32b±0,054	0,29c±0,028
M5	0,31c±0,088	0,29b±0,084	0,25b±0,065
M6	0,26b±0,065	0,30b±0,032	0,24b±0,047
M7	0,27b±0,087	0,25a±0,066	0,24b±0,063
M8	0,20a±0,087	0,20a±0,054	0,19a±0,007
M9	0,25a±0,073	0,24a±0,076	0,22a±0,021

Los resultados se presentan en términos de promedio y de desviación estándar

Los promedios con letras comunes no presentaron diferencias significativas al 95% de confiabilidad.

M1 a M9: ver *Tabla 3*

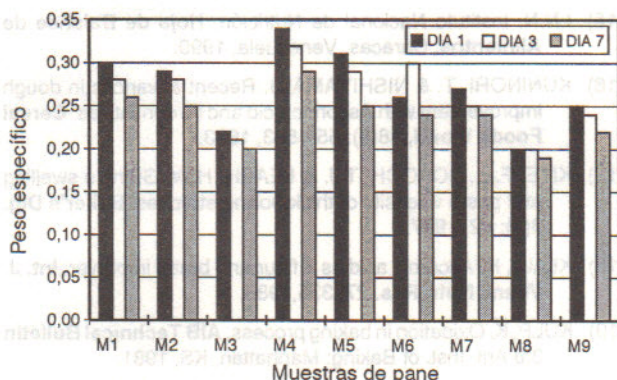


FIGURA 1. Variación del peso específico (g/cc) de los panes con el tiempo de almacenamiento.
Peso específico: g/cc.

Respecto a la textura si se observaron diferencias significativas (*Tabla 5*). Se produjo un aumento en la textura de todos los panes, pero este fue menos marcado en los panes adicionados con 3% de gluten, los cuales a su vez presentaron los menores pesos específicos. Esto concuerda con los resultados encontrados por otros autores (2, 6), quienes reportaron una relación inversamente proporcional entre los pesos específicos y la velocidad de envejecimiento. Cuando se trata de textura, el peso específico debe ser considerado porque esta no solo es función de la edad del pan, sino también de la densidad de la miga (2).

En general, se observó que a mayor nivel de sustitución, mayores pesos específicos y mayores durezas. Asimismo se observó que, con el tiempo de almacenamiento, los valores de firmeza se incrementaron probablemente debido a un incremento en la rigidez de la miga.

De acuerdo a BOYACIOGLU y D'APPOLONIA (6), los aditivos de panificación retardan el endurecimiento en diferentes grados. En esta investigación, para los panes con 100% y 90% de HT, el grado de endurecimiento a los 7 días de almacenamiento fue superior para los panes adicionados con 100 ppm AA (M7 = 17,85% y M1 = 14,13%), le siguieron los adicionados con 75 ppm BP + 3% gluten (M9 = 13% y M3 = 11,11%) y finalmente los que contenían 75 ppm AA + 25 ppm BP (M8 = 12,36% y M2 = 10,80%). Sin embargo para las mezclas con 15% de HGDM, el aditivo que produjo una mayor tasa de endurecimiento fue la mezcla 75 ppm AA + 25 ppm BP, por lo que podría pensarse que el cambio de comportamiento se debe a que a estos niveles de sustitución, lo que priva es la mayor densidad de la miga, la cual a su vez es originada por el mayor contenido de fibra.

TABLA 5. Variación de la dureza instrumental con el tiempo de almacenamiento.

Muestra	Día 1	Día 7
M1	1,45 a	2,05 a
M2	2,25 c	2,45 b
M3	2,52 c	2,80 b
M4	2,70 c	3,35 b
M5	2,28 b	3,50 c
M6	2,30 c	3,00 b
M7	1,40 a	2,50 b
M8	1,90 b	2,35 a
M9	1,50 a	1,95 a

Los resultados se presentan en términos de promedio y de desviación estándar

Los promedios con letras comunes no presentaron diferencias significativas al 95% de confiabilidad.

Mezcla 1 (M1): 90% HT + 10% HGDM + 100 ppm AA

Mezcla 2 (M2): 90% HT + 10% HGDM + 75 ppm AA + 25 ppm BP

Mezcla 3 (M3): 87% HT + 10% HGDM + 75 ppm BP + 3% Gluten

Mezcla 4 (M4): 85% HT + 15% HGDM + 100 ppm AA

Mezcla 5 (M5): 85% HT + 15% HGDM + 75 ppm AA + 25 ppm BP

Mezcla 6 (M6): 82% HT + 15% HGDM + 75 ppm BP + 3% Gluten

Mezcla 7 (M7): 100% HT + 100 ppm AA

Mezcla 8 (M8): 100% HT + 75 ppm AA + 25 ppm BP

Mezcla 9 (M9): 97% HT + 75 ppm BP + 3% Gluten

4 — CONCLUSIONES

- Al sustituir la HT por HGDM a niveles de 10%, no se encontraron diferencias significativas en los pesos específicos de los panes a las 24 hr de horneados respecto al control, sin embargo a niveles de 15% de sustitución la variación encontrada fue significativa. Estos efectos se produjeron independientemente del aditivo utilizado.
- Para los panes con 100% de HT, la mezcla de aditivos que produjo los menores pesos específicos fue la de 3% de gluten + 75ppm de BP. No se encontraron diferencias

- significativas a un 95% de confiabilidad entre los pesos específicos de estos panes y los que contenían 75 ppm AA + 25 ppm BP, por lo que se podría pensar en disminuir la concentración de BP usado sin que esto afectara el peso específico de los panes. Los mayores pesos específicos se originaron con el uso de 100 ppm de AA.
- Para las mezclas con 10% y 15% de HGDM, el comportamiento fue similar pero las variaciones entre los diferentes tratamientos fue significativa.
 - Se observó el efecto sinérgico entre el BP y el AA, toda vez que los pesos específicos obtenidos para estos panes, fueron inferiores a los producidos con el uso de 100 ppm AA. Este efecto se produjo tanto en los panes con 100% de HT como en los que contenían HGDM.
 - A niveles de 15% de HGDM, se obtuvieron los mayores pesos específicos, independientemente del aditivo utilizado. A estos niveles de sustitución pareciera privar el efecto de la fibra sobre el de los aditivos.
 - Al cuantificar tanto la dureza instrumental como la dureza sensorial, se observó que los panes menos duros a las 24 horas de horneados, resultaron los adicionados con 100 ppm de AA.
 - La presencia de los diferentes aditivos y las mezclas de ellos no afectó el sabor de los distintos panes.
 - Asimismo se observó una relación inversamente proporcional entre los pesos específicos y la velocidad de envejecimiento.
 - En general, se puede concluir que la calidad panificable y el proceso de envejecimiento en los panes donde se sustituye la HT por HGDM a niveles de 10% sigue patrones similares al de los panes de 100% HT, por lo que se podría considerar viable dicha sustitución. A niveles de 15% de sustitución, la presencia de fibra origina algunos cambios en el patrón de comportamiento, por lo que se sugiere el uso de hemicelulasas en las mezclas.

5 — REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of the AACC**. Method 44-1 SA, 46-1 IA, 08-11, 54-21 St Paul, Mn. The Association, 1983.
- (2) AUST, K.R. & DOERRY, W.T. Use of a monoglyceride-lecithin blend as a dough conditioner in pan bread. **Cereal Foods World** 37 (9): 702-706, 1992.
- (3) BARBER, S., BENEDITO DE BARBER, C. LLÁCER, M.D. Contenido de fibra dietética, atributos sensoriales de calidad y composición química del pan integral de comercio. **Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.** 23 (1): 119-131, 1983.
- (4) BARBIERI R. & CASIRAGHI E.M. Production of grade flour defatted corn germ meal. **J. Food Technol.** 18: 33-38, 1983.
- (5) BOOKWALTER, G.N., LYLE S.A. & NELSEN T.C. Enzyme inactivation improves stability of self-rising corn meals. **J. Food Sci.** 56(2): 494-496, 1991.
- (6) BOYACIOGIU M.H. & D'APPOLONIA, B.L. Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. Study of flour blends and various additives. **Cereal Chem.** 71 (1): 28-33, 1994.
- (7) BOURNE, M.C. Texture Profile of Ripening Pears. **J. Food Sci.** 33: 223-226, 1968.
- (8) CORRALES, X., GUERRA, M., GRANITO, M. & FERDS, J. Substitución de bromato de potasio por ácido ascórbico en la elaboración de pan francés. **Arch. Lat. de Nutr.** 43 (3): 234-240, 1993.
- (9) FITCHETT, C.S., & FRAZIER, P.F. Actions of oxidants and other improvers. In: **Chemistry and Physics of Baking**. J.M.V. Blanshard, P. J. Frazier, & T. Galliard, Eds. Royal Society of Chemistry: London, 1986.
- (10) GALLIARD, T. Wholemeal flour and baked products: Chemical aspects of functional properties. In: **Chemistry and Physics of baking**. J.M.V. Blanshard, P.J. Frazier, and T. Galliard, eds. Royal Society of Chemistry: London, 1986.
- (11) GRANITO, M. & GUERRA, M. Uso del germen desgrasado de maíz en harinas compuestas para panificación. **Arch. Lat. Nutr.** 46 (1), 1996.
- (12) HARIDAS, R. & SHURPALEKAR, S. Utilization of milo in bakery products. **J. Food Sci. and Technol.** 13(6): 293-299, 1976.
- (13) HASEBORG, E. & HIMMELSTEIN, A. Quality problems with high-fiber breads solved by use of Hemicellulase enzymes. **Cereal Foods World** 33 (5): 419-427, 1988.
- (14) HUNG, S.C. & ZAYAS J.F. Emulsifying capacity and emulsion stability of milk proteins and corn germ protein flour. **J. Food Sci.** 56 (5): 419-427, 1991.
- (15) I.N.N. Instituto Nacional de Nutrición. **Hoja de Balance de Alimentos**. Caracas, Venezuela, 1990.
- (16) KUNINORI, T. & NISHIYAMA, J. Recent advances in dough improvement with Ascorbic Acid and its derivatives. **Cereal Foods World**, 38(8): 554-563, 1993.
- (17) KITE, F.E., SCHOCH, T.J. & LEACH, H.W. Granule swelling and paste viscosity of thick-boiling starches. **Baker's Dig.** 3(4): 42, 1957.
- (18) KLAUI, H. Ascorbic acid as a flour and bread improver. **Int. J. Vitam. Nutr. Res.** 27: 335, 1985.
- (19) KULP, K. Oxidation in baking process. **AIB Technical Bulletin** 3:6 Am. Inst. of Baking: Manhattan, KS, 1981.
- (20) KUNINORI, T. & NISHIYAMA, J. Recent advances in dough improvement with Ascorbic Acid and its derivatives. **Cereal Foods World**, 38 (8): 554-563, 1993.
- (21) MACKEY, A.C., FLORES DE MARQUEZ, I. & SOSA, M. Evaluación Sensorial de los Alimentos. **Serie Manuales N° 2**. Ediciones CIEPE, San Felipe, Venezuela, 1984, p. 83-96.
- (22) NAVICKIS, L.L. & NEISEN, T.C. Mixing and extensional properties of wheat flour doughs with added corn flour, fibers and gluten. **Cereal Foods World** 37 (1): 30, 32-35, 1992.
- (23) OESTLE, B. **Estadística Aplicada**. Ed. Limusa, México, 1984.
- (24) POMERANZ, Y. Curso de tecnología de Cereales, **material mimeográfico**, CIEPE, San Felipe, Venezuela, 1981.
- (25) PROSKY, L. ASP, N.G. FURDA, I. DE VRIES, J. SCHWEIZER, T.F. & HADAND, B.A. Determination of total dietary fiber in foods, foods products, and total diets. Interlaboratory study. **J. Assoc. of Anal. Chem.** 67:1044, 1984.
- (26) QUAGLIA, G. **Ciencia y Tecnología de la Panificación**. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España 1991 p. 239-258.
- (27) RANUM, P. Potassium bromate in bread baking. **Cereal Foods World**. 37(3)-253-257, 1992.

(28) SHOGREN, M.D. POMERANZ Y. & FINNEY K.F. Counteracting the deleterious effects of fiber in breadmaking. *Cereal Chem.* 58(2):142-144, 1981.

(29) WANG, C.R. & ZAYAS J.F. Water retention and solubility of soy proteins and corn germ proteins in a model system. *J. Food Sci.* 56 (2): 455-458, 1991.

(30) WEEGELS, P.L. & HAMER, R.J. Improving the bread making quality of gluten. *Cereal Foods World*, 37 (5):379-385, 1992.

(31) WITTIG, E. **Evaluación sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos.** Talleres gráficos U.S.A.C.H. Chile. 1986, p.61-62.

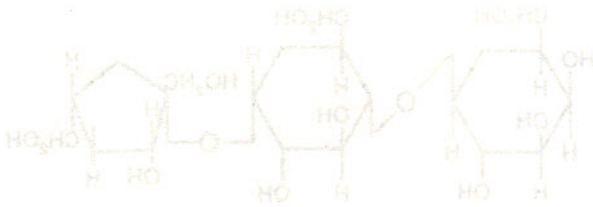


FIGURA 1. Estructura de la celulosa.

La celulosa es un polisacárido de reserva energética que se encuentra en las paredes celulares de las plantas. Está formada por unidades de D-glucopiranosas unidas por enlaces β-1,4-glicosídicos. Su estructura química se muestra en la figura 1. La celulosa es un polisacárido de reserva energética que se encuentra en las paredes celulares de las plantas. Está formada por unidades de D-glucopiranosas unidas por enlaces β-1,4-glicosídicos. Su estructura química se muestra en la figura 1.

La celulosa es un polisacárido de reserva energética que se encuentra en las paredes celulares de las plantas. Está formada por unidades de D-glucopiranosas unidas por enlaces β-1,4-glicosídicos. Su estructura química se muestra en la figura 1.

La celulosa es un polisacárido de reserva energética que se encuentra en las paredes celulares de las plantas. Está formada por unidades de D-glucopiranosas unidas por enlaces β-1,4-glicosídicos. Su estructura química se muestra en la figura 1.

2 - MATERIALES E MÉTODOS

2.1 - Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales: harina de trigo (marca "Purísima"), azúcar (marca "Azúcar"), levadura (marca "Levadura"), agua (marca "Agua"). Se utilizaron los siguientes materiales: harina de trigo (marca "Purísima"), azúcar (marca "Azúcar"), levadura (marca "Levadura"), agua (marca "Agua").

2.2 - Tratamiento de Microorganismos

Se utilizaron los siguientes materiales: harina de trigo (marca "Purísima"), azúcar (marca "Azúcar"), levadura (marca "Levadura"), agua (marca "Agua"). Se utilizaron los siguientes materiales: harina de trigo (marca "Purísima"), azúcar (marca "Azúcar"), levadura (marca "Levadura"), agua (marca "Agua").

RESUMO

Se utilizó la siguiente metodología: se preparó una muestra de pan de molde con una humedad de 40%. Se utilizaron los siguientes materiales: harina de trigo (marca "Purísima"), azúcar (marca "Azúcar"), levadura (marca "Levadura"), agua (marca "Agua"). Se utilizaron los siguientes materiales: harina de trigo (marca "Purísima"), azúcar (marca "Azúcar"), levadura (marca "Levadura"), agua (marca "Agua").

SUMMARY

The following methodology was used: a sample of soft bread with a moisture content of 40% was prepared. The following materials were used: wheat flour (brand "Purísima"), sugar (brand "Azúcar"), yeast (brand "Levadura"), and water (brand "Agua"). The following materials were used: wheat flour (brand "Purísima"), sugar (brand "Azúcar"), yeast (brand "Levadura"), and water (brand "Agua").

1 - INTRODUÇÃO

A celulose é um polissacarídeo de reserva energética que se encontra nas paredes celulares das plantas. É formada por unidades de D-glucopiranosas unidas por enlaces β-1,4-glicosídicos. Sua estrutura química se mostra na figura 1.

Se utilizou a seguinte metodologia: se preparou uma amostra de pão de molde com uma umidade de 40%. Se utilizaram os seguintes materiais: farinha de trigo (marca "Purísima"), açúcar (marca "Azúcar"), levadura (marca "Levadura"), água (marca "Agua").

Se utilizaram os seguintes materiais: farinha de trigo (marca "Purísima"), açúcar (marca "Azúcar"), levadura (marca "Levadura"), água (marca "Agua"). Se utilizaram os seguintes materiais: farinha de trigo (marca "Purísima"), açúcar (marca "Azúcar"), levadura (marca "Levadura"), água (marca "Agua").