

Uso del germen desgrasado de maíz en harinas compuestas para panificación

Marisela Granito ¹, y Marisa Guerra ²

Universidad Simón Bolívar, Caracas

RESUMEN. La harina de germen desgrasado de maíz es un subproducto de la molienda seca del maíz actualmente subutilizado para consumo humano. En este estudio se caracterizó fisicoquímicamente dos muestras de diferente granulometría de germen desgrasado de maíz: Fracción fina (FF) y Fracción media (FM) y se incorporaron a harinas de trigo (HT) para obtener harinas compuestas con niveles de sustitución de 5 - 10 - 12 y 15 %. Con estas mezclas se elaboraron a nivel de panadería comercial panes de molde los cuales fueron analizados desde el punto de vista fisicoquímico y sensorial. Se encontró que FF y FM aportan de 20 a 35 % de Fibra Dietética Total (FDT). De los panes elaborados se seleccionaron los que contenían 10 % de FM y 10% de FF por no diferir, a un 95 % de confiabilidad, en cuanto a peso específico, color sabor y textura de los panes elaborados con 100 % de HT. En la prueba de aceptabilidad realizada a 200 consumidores se encontró que el pan con 10% de FF era más aceptado (48 %) que el de 100% de HT y el de 10% de FM presentó igual nivel de aceptación (28 %) que el control. Se puede concluir que el germen desgrasado de maíz representa una materia prima nacional disponible, susceptible de ser utilizada en panificación como sustituto parcial del trigo importado.

SUMMARY . The use of industrial deffated corn germ in breadmaking. The flour of deffated corn germ is a by - product of the corn industry milling dried which is actually subutilized in human consumption. In this study, two samples of corn deffated germ of different particle size were physicochemically characterized: fine fraction (FF) and medium fraction (FM) and they were added to wheat flours to obtain composite flours with substitution levels of 5- 10- 12- 15 % mixtures. These mixtures were used to manufacture sandwich bread in bakeries, which were physico-chemically and sensorially analyzed. (FF) and (FM) were found to provide from 20 to 35 % of dietary fiber. From the manufactured bread loaves, the ones containing 10 % of (FM) and 10% of (FF) were selected because they did not differ in specific weight, color, flavor and texture at a 95% confiability from those elaborated with 100% wheat flour. In the acceptability test given to 200 consumers, it was found that bread with 10% FF substitution was more widely accepted (48 %) than that containing 100% wheat flour; and that of 10 % of (FM) had the same level of acceptability (28 %) as the control bread. It can be concluded that the deffated corn kernel represents a raw material available in this country that could be used in bread elaboration as a partial replacement for imported wheat.

INTRODUCCION

En Venezuela como subproducto del proceso de fabricación de la harina precocida de maíz se obtiene una mezcla de germen, pericarpio y fracciones de endospermo que recibe el nombre de «material extraíble», debido a que posteriormente es sometido a extracción con solventes para obtener aceite de

maíz. Completado el proceso de extracción, se genera otro subproducto denominado «torta desgrasada de maíz», el cual luego de ser sometido a diferentes fraccionamientos y tamizados, origina fracciones más finas ricas en proteínas, fibra dietética total, vitaminas y minerales (1). En la actualidad estas fracciones se utilizan en la elaboración de alimentos para animales, excepto las de menor granulometría que recientemente comenzaron a utilizarse en la industria cárnica, de pasapalos extruídos y de los condimentos (2).

Por otra parte se tiene que el consumo de productos a base de trigo es muy alto. Según las Hojas de Balance (3) 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

1 Profesor Ordinario Agregado, Jefe del Dpto. de Tecnología de Servicios. Núcleo del Litoral. Universidad Simón Bolívar. Valle de Camurí Grande
2 Profesor Ordinario Titular. Dpto. de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar. Valle de Sartenejas

utiliza en la elaboración de pan, por lo que se podría pensar 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 (75 % de extracción) deficiente en lisina, triptófano, algunos minerales y fibra dietética se podría mejorar su valor nutricional mezclándola con otras harinas de origen vegetal o con alguno de los sub-productos del procesamiento industrial del maíz actualmente poco utilizados.

Estos subproductos aportan de un 21 a 45 % de fibra dietética total, 4 a 5 % de lisina disponible (4) y mejoran la textura de los alimentos a los que son incorporados al incrementar la absorción de agua y grasa de los mismos (5).

Varios son los estudios realizados sobre la incorporación de la harina de germen de maíz desgrasado en alimentos. Se ha evaluado la aceptabilidad de galletas y panecillos preparados con harina de trigo fortificada con 25 % de harina de germen desgrasado de maíz (6). Asimismo, este subproducto ha sido usado a un nivel de sustitución de 12% en panificación con excelentes resultados (7) y en macarrones donde la sémola comercial se mezcló con 10, 20, y 30 % de harina de germen desgrasado, sin alteraciones del sabor, ni la textura (8). También se han obtenido buenos resultados al sustituir las costosas proteínas cárnicas por harina de germen desgrasado de maíz en embutidos (9). Recientemente se reportó la incorporación de harina de germen de maíz a masas para panificación y se analizaron las alteraciones producidas en las propiedades reológicas de las mismas (10).

Dado que en nuestro país el trigo se importa en su totalidad, sería de interés estudiar la factibilidad técnica de incorporar harinas de germen desgrasado de maíz a un producto tan altamente consumido como el pan, porque al ser esos subproductos obtenidos a través de un proceso industrial ya tradicional en el país, tienen un costo muy inferior al de la harina de trigo.

Considerando lo antes expuesto, en este trabajo se pretendió caracterizar y evaluar la factibilidad de incorporar, distintas fracciones del germen desgrasado de maíz obtenido industrialmente, a harinas compuestas destinadas a panificación.

Específicamente se plantearon los siguientes objetivos:

- * Recolectar y caracterizar distintas fracciones de germen desgrasado de maíz obtenidas como sub-producto de la extracción industrial del aceite de maíz y seleccionar en base a análisis fisicoquímicos las fracciones más adecuadas.
- * Formular y seleccionar en base a parámetros fisicoquímicos y evaluación sensorial, la mejor mezcla para la elaboración de pan de molde adicionado con las mejores fracciones.
- * Estudiar en forma comparativa algunas propiedades reológicas de las masas obtenidas a partir de mezclas harina de trigo-fracción de germen desgrasado de maíz.
- * Caracterizar fisicoquímica y sensorialmente el pan preparado con la fórmula más adecuada.

MATERIAL Y METODOS

Materia prima

Inicialmente se caracterizaron cuatro sub-productos del procesamiento del germen desgrasado de maíz: la torta desgrasada (TD), el subproducto FG retenido en la malla 40 (tamaño de poro = 425 μ m), FM retenido en la malla 60 (tamaño de poro = 250 μ m) y FF que pasaba a través de las mallas 80 y 100 (tamaño de poro < 175 μ m) (Tabla 1). Los muestreos se realizaron en una industria local, directamente en la línea de producción a nivel de las salidas del tamizador, usando para ello bolsas de polietileno.

Se usó harina de trigo (HT) para panificación de un 75 % de extracción, procedente de un molino de la zona metropolitana.

La levadura, manteca vegetal, sal, azúcar refinada y conservadoras fueron adquiridos en comercios locales.

Las pruebas de panificación se realizaron en una panadería comercial, los farinogramas en el laboratorio de Control de Calidad de una empresa local.

TABLA 1
GRANULOMETRIA DE LOS SUBPRODUCTOS
MUESTREADOS A NIVEL DE PLANTA Y DE LA
HARINA DE TRIGO

MALLA	TAMAÑO	% DE RETENCION				
	PORO μ m	TD	FG	FM	FF	HT
20	850	45,40	95,60	2,40	1,30	23,90
40	425	18,30	3,33	37,90	6,30	66,40
60	250	17,80	0,35	36,30	23,00	6,70
80	175	6,80	0,28	18,10	21,10	0,24
100	150	—	—	2,30	30,10	1,30
FONDO		11,60	0,44	0,10	16,80	0,60

Métodos

Con el propósito de seleccionar las fracciones más adecuadas del germen desgrasado de maíz, se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos:

Granulometría para determinar el tamaño de la partícula se usó un vibrador Sieve Shaker, modelo Rx-86 y un conjunto de tamices Tyler N° 20, 40, 60, 80 y 100 mesh, con diámetros de abertura de 0,850mm, 0,425 mm, 0,250 mm, 0,175mm y 0,150 mm respectivamente. Se utilizó una muestra de 100 g y un tiempo de vibración de 10 minutos a la máxima intensidad del aparato. Se determinó el porcentaje de material retenido en cada tamiz, respecto al peso inicial de la muestra. Los resultados fueron el promedio de dos determinaciones.

Humedad se utilizó el método oficial de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (11).

Proteína Cruda se utilizó el método oficial de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (12).

Fibra Dietética Total. Para esta última se usó la combinación de métodos gravimétricos y enzimático desarrollada por Prosky y col. (13).

Las fracciones seleccionadas fueron objeto de otros análisis:

Grasa Cruda se hizo una hidrólisis ácida previa a la extracción (modificación Weibull) (14).

Cenizas se utilizó el método oficial de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (15).

Color se determinó mediante un Colorímetro Triestímulo Garder XL-23, el cual permite medir valores de reflectancia que definen el color visible de un material (16).

Aflatoxinas (17), Aeróbios mesófilos (18), Hongos y Levaduras (19) y Coliformes Totales (20), todos estos métodos oficiales de la Comisión Venezolana de Normas Industriales.

A partir de la harina de trigo y de las fracciones de germen desgrasado de maíz seleccionadas, se prepararon las siguientes mezclas o harinas compuestas: 95 % HT + 5 % FM, 95 % HT + 5 % FF, 90 % HT + 10 % FM, 90 % HT + 10 % FF, 88 % HT + 12 % FM, 88 % HT + 12 % FF, 85 % HT + 15 % FM, 85 % HT + 15 % FF y 100 % HT. El mezclado se realizó en una mezcladora mobart a una velocidad media por 10 minutos.

A cada una de las mezclas se le determinó humedad (11) y color (16). También se realizaron **farinogramas** por duplicado a todas las mezclas con el propósito de verificar si la presencia de la harina de germen desgrasado de maíz alteraba algunas de las propiedades reológicas de las masas (21). Para ello se usó un farinógrafo Brabender OHG, modelo 220.

Formulación del pan

Se usó el Método Directo (22), por ser el método más empleado en las panaderías de Venezuela. La fórmula usada para elaborar el pan fué la reportada por Quaglia (22). Se prepararon baches de 2 Kg cada vez.

Evaluación fisicoquímica y sensorial de los panes

Transcurridas 24 horas del horneado, se midió el volumen mediante el método de desplazamiento de semillas (23), el peso específico y el color (16). Los resultados obtenidos para estas características fueron sometidos a análisis de varianza simple (24).

Las muestras de pan que no difirieron significativamente del control en lo que respecta al volumen y peso específico, se sometieron a pruebas de análisis sensorial con un grupo de jueces entrenados, que debieron recibir un entrenamiento adicional en perfiles de textura. Para entrenar a los jueces en el perfil de textura en el cual se median dureza, masticabilidad y elasticidad, se utilizaron escalas, donde cada número de la

escala estaba asociado a una intensidad en la característica que se quería medir y a un producto. Las escalas usadas fueron las del CIEPE (25) modificadas atendiendo a las características de los productos disponibles en la zona. El entrenamiento del panel duró mes y medio y consistió en dos etapas. Durante la primera los jueces recibieron 2 veces por semana una escala de diferentes productos para cada característica: dureza, masticabilidad y elasticidad. Al finalizar la sesión se comparaban los resultados y se discutían hasta lograr un mismo ordenamiento de los productos para todos los jueces (26). Una vez que los jueces se identificaron con las diferentes escalas, se les suministraron varios tipos de panes a fin de que los ubicaran en la escala aprendida. Todos tenían que coincidir en la apreciación.

Una vez entrenado el panel se procedió a la evaluación sensorial de todos los panes formulados. Para ello se realizó una prueba de «Escala de Calidad Estructurada» para evaluar el color, el sabor y la dureza mediante una escala de 9 puntos (0= extremadamente pobre, 8=excelente) (25).

Producto de esta primera evaluación sensorial, se seleccionaron los panes con niveles de aceptación superiores a «5 = bueno» para el color y sabor y se les hizo una nueva caracterización fisicoquímica y sensorial. En relación a esta última se realizó a nivel de laboratorio, una prueba de Escala de Calidad Estructurada (25) usando una escala de 9 puntos, para evaluar el color y el sabor y una de Perfil de Textura de 5 puntos, donde 1= muy duro, masticable o elástico y 5= muy blando, poco masticable y poco elástico (26). La prueba se repitió cuatro veces con cada panelista.

A nivel de consumidores se realizó una prueba de Preferencia con 200 posibles consumidores a los que se le presentaban las tres muestras de pan y se les preguntaba cual preferían (26).

Todos los resultados obtenidos de las pruebas sensoriales fueron sometidos a análisis de varianza (24). Se realizó la comparación de medias por el Test de Duncan usando el programa «Statview».

RESULTADOS

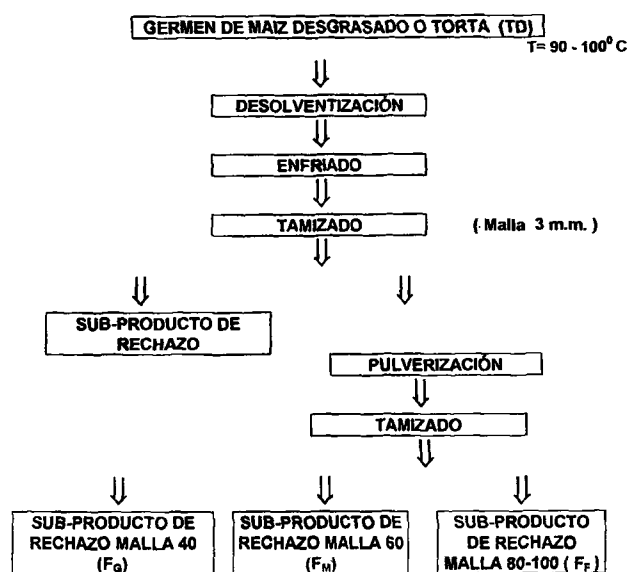
En la Tabla 1 se presentan los resultados de la granulometría realizada a los diferentes sub-productos muestreados a nivel de planta y a la HT. Entre TD y FG hay un proceso de molienda y de tamizado, lo que explicaría las diferencias en el tamaño de las partículas entre ambos. TD presentó una granulometría mucho más heterogénea que FG, de allí que el mayor porcentaje de retención correspondió a la malla de 20 mesh (45,40 %). Se observaron también porcentajes importantes para la malla de 40 mesh (18,30 %) y para la malla de 60 mesh (17,80%). Para FG el 95,60% de las partículas presentaron una granulometría mayor o igual a 850 μ m.

Es importante señalar que en la obtención de los subproductos restantes, FG, FM y FF el único proceso que se efectuó fue una separación física por tamices (Figura 1). Como se puede observar en la Tabla 1, más del 90 % de

retención de FM se obtuvo entre los tamices 40 y 80 mesh, mientras que para FF se ubicó entre 60 y 100 mesh. En consecuencia para FM el tamaño de partícula predominante se presentó entre 250 y 425 μm y para FF era menor o igual a 150 μm .

FIGURA 1

Diagrama de flujo del procesamiento industrial del germen desgrasado de maíz



En relación a HT, el tamaño de su partícula estaba en el rango de 425 μm a 850 μm .

Considerando que incorporar un ingrediente con granulometría muy superior a la de HT podría alterar las propiedades texturales del producto final (27), se seleccionaron y emplearon en la elaboración de las harinas compuestas los subproductos FM y FF porque el tamaño de sus partículas fue menor o igual al de HT, aún cuando desde el punto de vista de calidad panificable ambas fracciones disminuirían el porcentaje de gluten presente y por ende características físicas del pan, como el volumen y el peso específico (28).

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis proximal y de fibra dietética total de los subproductos muestreados y de la HT. En cuanto al contenido de humedad y proteína se pueden observar valores similares entre FM y FF. El contenido de proteína para las diferentes fracciones fue de 12,86 % similar al reportado por otros autores (4). De acuerdo a la Norma COVENIN N° 217-89 (29) el porcentaje de proteína del componente farináceo debe ser como mínimo 13,5 %. Sin embargo considerando que las fracciones que se seleccionarían para elaborar las harinas compuestas estarían en proporciones inferiores a un 15 % de sustitución y que la HT tenía 14,5 de proteína se consideró que este no sería un factor limitante.

TABLA 2
COMPOSICION PROXIMAL Y CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA TOTAL DE LOS SUBPRODUCTOS SELECCIONADOS Y DE LA HARINA DE TRIGO

Componente g/100g	FM	FF	HT
Humedad	9,30±0,18	9,28±0,18	12,40±0,20
Proteína cruda Nx/6,25	12,86±0,21	12,86±0,29	14,56±0,18
Grasa cruda	1,33±0,06	1,02±0,11	1,58±0,1
Cenizas	4,05±1x 10 ⁻³	3,96±0,48	0,68
Carbohidratos ¹	36,56	50,98	70,78
Fibra dietética TOTAL	35,90±0,14	21,36±0,21	3,25±0,41

¹ Calculado por diferencia. No incluye aquellos que forman parte de la fibra dietética total.

En cuanto al porcentaje de grasa cruda el valor obtenido es ligeramente inferior a 1,3 % reportado por Pacheco (4), probablemente debido a pequeñas diferencias en el nivel de extracción y a diferencias metodológicas. En relación al contenido de cenizas se obtuvieron valores entre 4,05 % para FM y 3,96 % para FF. Al comparar el contenido de cenizas de las fracciones FM y FF con el de HT que fue de 0,68 se puede inferir que la presencia de dichas fracciones en las harinas compuestas probablemente contribuyen a aumentar el contenido de minerales. Finalmente, en relación a los contenidos de fibra dietética total se puede observar que fueron diferentes para ambas fracciones probablemente debido al proceso de tamizado el cual va eliminando las partículas más grandes que suelen ser las de pericarpio, ricas en fibra (30). En la Tabla 3 se presentan los valores de color obtenidos para FM, FF y HT. En relación a la luminosidad («L») la HT presentó el mayor valor, seguida por FF y FM. Para explicar lo observado se podrían considerar dos factores, la presencia de fibra y el tamaño de la partícula. Se ha encontrado que la presencia de fibra altera la luminosidad de las muestras y esta alteración está íntimamente relacionada con el tamaño de la partícula del material (31).

TABLA 3
COLOR DE LOS SUBPRODUCTOS SELECCIONADOS
Y DE LA HARINA DE TRIGO

Muestras	Color			
	Luminosidad L	a	b	Blancura %
HT	90,76+0,060	0,59+0,01	19,15+0,01	97,70
FM	77,05+0,02	5,14+0,42	22,91+0,05	83,00
FF	82,51+0,19	3,52+0,05	22,42+0,16	88,88

% Blancura = $L \times 100$

L placa patrón

Los resultados se expresan en términos de promedio de tres determinaciones y su desviación estándar.

El valor « L » equivalente a la blancura o brillo, se incrementó para las fracciones a medida que el tamaño de la partícula disminuyó. Esto significa que mientras más finas eran las partículas, más brillantes o blancas eran las harinas. Esto concuerda con lo reportado por otros autores (31) quienes encontraron un incremento significativo en «L» cuando el tamaño de la partícula disminuía. En relación al valor encontrado para HT, si bien el tamaño de sus partículas era comparativamente mayor que el de las fracciones FM y FF, el porcentaje de blancura era mayor probablemente debido a diferencias en la composición de los materiales. Es importante recordar la presencia de fracciones de pericarpio (amarillo en el caso del maíz) en FM y FF y que no están presentes en HT.

Con el objetivo de caracterizar en forma integral los subproductos seleccionados y la HT, se realizaron análisis microbiológicos y de aflatoxinas. Se encontraron valores de aeróbios mesófilos de $7,5 \times 10^3$ para FF y de $4,3 \times 10^3$ para FM, inferiores a lo permitido por la Norma COVENIN 217-89 (29). De igual forma para hongos y levaduras se encontraron valores por el orden de 10^2 .

El contenido de aflatoxinas de FF (15ppb) fue inferior a la cantidad límite establecida para el consumo humano por la FDA (20ppb), e igual para FM.

Una vez caracterizadas las diferentes fracciones de harina de germen desgrasado de maíz y la harina de trigo, se procedió a preparar las mezclas en las proporciones ya señaladas, considerando que de acuerdo a diferentes autores, algunos parámetros de calidad del pan como el volumen, textura de la miga y el color, comienzan a deteriorarse cuando los niveles de suplementación son superiores a 10% y se hacen inaceptables cuando llegan a 20% (32,31).

Las características farinográficas de las distintas mezclas se presentan en la Tabla 4. El porcentaje de absorción de agua de todas las mezclas fue superior al de la harina de trigo y aumentó a medida que se incrementó el porcentaje de sustitución. Estos resultados coinciden con los reportados por Navickis y Nelsen. (10) quienes señalan que a 500 BU las masas adicionadas de 5% de diferentes fuentes de fibra, incrementaban su contenido de agua por sobre la del control.

TABLA 4
CARACTERISTICAS FARINOGRAFICAS DE LAS
MEZCLAS

Muestras	Absorción de agua (%)	Tiempo de desarrollo 0 (min)	Resistencia (min)	Estabilidad (min)	Tolerancia al mezclado (UB)
100% HT	67,0	2,1	19,50	17,40	30
5% FF	68,0	6,9	18,20	16,60	45
5% FM	67,9	6,3	17,50	17,50	35
10% FF	68,9	6,2	16,00	14,50	35
10% FM	68,7	8,0	19,50	18,50	25
12% FF	69,4	6,8	16,00	14,50	25
12% FM	69,4	6,8	19,90	17,80	35
15% FF	70,2	6,1	17,50	15,90	30
15% FM	69,4	7,2	19,50	17,50	35

Los resultados de esta tabla son el producto de dos determinaciones

La estabilidad de las masas con FF disminuyó en relación a la de la harina de trigo, sin embargo para las mezclas con FM la disminución fue inferior, por lo que se podría pensar en un efecto originado por el tamaño de partícula. Es de destacar que el tamaño de partícula de FM es muy similar a la de HT, mientras que el de FF es más pequeño.

En la Tabla 5 se presentan los resultados correspondientes al volumen y peso específico de los panes elaborados. Como se puede observar, el peso específico varió desde 0,18 g/cc para la mezcla con 5% de FM hasta 0,37 g/cc para la mezcla con 15% de FF, no encontrándose diferencias significativas entre los pesos específicos de los panes de las mezclas 5% FM, 5% FF, 10% FF y el preparado con 100% HT. Esto concuerda con lo reportado por Barber y col. (33), quienes al estudiar comparativamente pan blanco e integral encontraron pesos específicos entre 0,18 g/cc y 0,45 g/cc. Cabe señalar que los panes elaborados con las mezclas donde la sustitución fue superior a 10%, tanto de FM como de FF, presentaron pesos específicos ligeramente superiores y significativamente diferentes a los de HT. Por esta razón se seleccionaron los panes con 10% de sustitución. Entre las causas bioquímicas que explican el comportamiento anterior se podría señalar la reducción en el contenido de Glutacion reducido lo cual es proporcional al aumento en el porcentaje de sustitución.

TABLA 5
VOLUMEN Y PESO ESPECIFICO DE LOS PANES

Muestras	Volumen (cc)	Peso Especifico (g/cc)
100% HT	3,44 a	0,18 a
5% FF	3,29 a	0,20 a
5% FM	3,46 a	0,18 a
10% FF	3,32 a	0,20 a
10% FM	2,88 b	0,22 b
12% FF	2,89 b	0,22 b
12% FM	2,81 b	0,23 c
15% FF	2,45 d	0,36 d
15% FM	2,43 c	0,27 e

Los promedios con letras comunes en una misma columna no presentaron diferencias significativas con $\alpha = 0,05$

El contenido de proteína así como el de grasa no presentó diferencias significativas entre los distintos panes, no obstante el de cenizas fue mayor para los panes con FM y FF, lo que resulta obvio dado el alto contenido de fibra de dichas fracciones. El contenido de FDT fue superior para los panes elaborados con FM, seguido por los elaborados con FF. La diferencia fue originada por las diferencias en el contenido de FDT de la materia prima.

Adicional a esta fibra se debe considerar la fibra aportada por el proceso de panificación «per se» el cual aumenta hasta en un 2 % el contenido de FDT (34). Aparentemente los almidones resistentes y los productos de las reacciones de oscurecimiento que se forman durante el proceso de panificación, constituyen la principal fuente de esta fibra adicional (35).

Los aportes calóricos de los panes con FF y FM fueron inferiores a los elaborados con 100 % de HT. Esto unido al incremento en el aporte de fibra básicamente insoluble, que presentan los panes preparados con FF y FM en relación a los de HT sugiere el uso de este producto para regímenes especiales de adelgazamiento. Asimismo si se considera el alto contenido de lisina que presenta el germen desgrasado de maíz (4), a pesar de las pérdidas que puedan ocurrir durante el horneado, se podría pensar en un incremento en la calidad proteínica del producto final.

Respecto al color medido sensorialmente, en la Tabla 7 se puede observar que el puntaje fue superior para los panes con 10 % de sustitución de FF y FM. De las observaciones de los panelistas se pudo deducir que los panes con las sustituciones parciales de las fracciones tenían un color ligeramente crema que los hacía más atractivos a la vista.

En relación al sabor el pan más preferido fue el que tenía 10% de FF, seguido por el de 10% de FM. El menos preferido tanto por sabor como por color fue el pan control. Tampoco se encontraron diferencias significativas en cuanto a dureza y masticabilidad entre los panes con 10 % de sustitución y los de 100 % de Ht.

Esta mayor aceptabilidad para los panes con sustitución parcial de la HT por FF y FM se evidenció también en la prueba de preferencia realizada a nivel de consumidores según la cual los panes con FF obtuvieron un 48 % de preferencia sobre los de FM cuya aceptabilidad fue de 28 % igual a la del pan control.

TABLA 6
COMPOSICION PROXIMAL Y APORTE CALORICO DE LAS FORMULAS FINALES

COMPONENTE	PANES		
	10% FM	10 % FF	100 % HT
Humedad	8,50± 0,06	8,00+0,12	6,00+0,03
Proteína (N x 6,25)	13,65±0,16	13,55+0,06	13,75+0,25
Grasa Cruda	3,45±0,05	3,30+0,23	3,00+0,16
Cenizas	2,80±0,02	2,60±0,34	1,63+0,02
Fibra Dietetica Total	5,63±0,23	4,25±0,29	2,37+ 0,17
Carbohidratos (Por diferencia)	65,97	68,30	73,25
* KCAL/100 g	349,54	357,10	375,00

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

* Datos calculados de acuerdo a los valores de Atwater .

TABLA 7
EVALUACION SENSORIAL DE LAS FORMULAS FINALES. (PANEL ENTRENADO)

Muestras	PRUEBAS SENSORIALES				
	Color *	Sabor *	Dureza+	Mastica-bilidad+	Elasticidad+
100% HT	6,2 a	6,6 b	3,2 c	2,0 d	4,2 e
10% FF	7,0 a	7,0 b	2,8 c	2,0 d	4,2 e
10% FM	7,0 a	6,8 b	2,6 c	1,8 d	4,2 e

Los resultados con letras comunes no presentaban diferencias significativas a un $\alpha=0,05$

Utilizando una prueba múltiple rango de duncan.

* Se uso una escala de 9 puntos (0= extremadamente pobre, 8= excelente)

+ Se uso una escala de 5 puntos (1= muy duro, masticable o elástico, 5= poco duro, masticable o elástico)

CONCLUSIONES

Las fracciones de germen desgrasado de maíz analizadas representan una fuente potencial de calorías y fibra dietética total (20 a 30 %), susceptible de ser utilizada en el desarrollo de alimentos de alto consumo, como son los productos horneados de panificación.

Se esperaba que al utilizar estas fracciones en panificación se originaría un efecto «diluyente» sobre el gluten y por ende una disminución en la calidad global del pan, sin embargo, con los niveles de sustitución empleados se obtuvieron panes cuyos pesos específicos variaban entre 0,18 g/cc y 0,37 g/cc para la mezcla con 5 % y 15 % de sustitución de FF respectivamente. No se encontraron diferencias significativas en lo que a volumen específico se refiere, entre el pan control (100 % HT) y los elaborados con las mezclas que contenían hasta un 10% de sustitución.

Al analizar sensorialmente los panes, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a dureza y masticabilidad entre los panes con 10% de sustitución y el control con 100% de HT. En relación al sabor el pan preferido fue el que tenía 10% de FF, seguido por el de 10 % de FM y finalmente el que tenía 100 % de HT. Al medir la preferencia a nivel de consumidor los resultados fueron similares.

De lo anterior se desprende que técnicamente es factible sustituir la harina de trigo por fracciones de germen desgrasado de maíz hasta niveles de 10 % sin que la calidad y aceptabilidad del pan elaborado se vea afectada.

REFERENCIAS

- Rodríguez, F.O. Producción Industrial, mercadeo y distribución de harina de maíz para la preparación de arepas en Venezuela en: Mejoramiento Nutricional del maíz. INCAP, Guatemala, 1987.
- REMAVENCA. Comunicación personal, 1992.
- I.N.N. Instituto Nacional de Nutrición. Hoja de Balance de Alimentos. Caracas, Venezuela, 1990.
- Pacheco, E. Obtención de concentrados proteínicos a partir de harinas de germen de maíz. Estudio de las propiedades funcionales. Rev. Fac. Agrn. Maracay XIV (3-4): 169- 180, 1986.
- Veter, J.L. Fiber as a Food Ingredient. Food Technol, 38 (10): 64-69, 1984.
- Blessin, C. W., Deatheraghe, W.L., Cavins, J., García, W.J. y Inglett, G.E. Preparation and properties of defatted flours from dry milled yellow, white and high lysine corn germ. Cereal Chem. 56(2): 105 - 109, 1972.
- Tsen, C., Mayibian, C. y Inglett, G. Defatted corn germ flour as a nutrient fortifier for bread. Cereal Chem. 51:262-263, 1974.
- Lucisano, M. Casiraghi, E.M, y Barbieri R. Use of defatted corn germ flour in pasta products. J. Food Sc. 49:482,1984.
- Gnanasambandam G.R. y Zayas J.F. Functionality of wheat germ protein in comminuted. Meat products as compared with corn germ and soy proteins. J. Food Science, 57 (4): 829-833, 1992.
- Navickis, L.L. y Nelsen, 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.
- COVENIN 1553-80. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de humedad. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela, 1980.
- COVENIN 1195-80. Determinación de nitrógeno. Método Kjeldahl. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela, 1980.
- Prosky, L. Asp. N.G. Furda. I. De Vries. J. Schweizer, T.F and Harland, B.A. Determination of total dietary fiber in foods, foods products, and total diets. Interlaboratory study. J. Assoc. of Anal. Chem. 67:1044, 1984.
- COVENIN 1785-81. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de grasas. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 1981.
- COVENIN 1783-81. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de cenizas. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela, 1981.
- Gardner Laboratory INC. «Color and color related properties A1-12C, Bethesda, Maryland 1976, p.7-18.
- Trucksess, M., Brumley, W. y Nesheim, S. Rapid quantification and confirmation of aflatoxins in corn and peanut butter, using disposable silica gel column, thin layer chromatography and gas chromatography/ mass spectrometry, J. Assoc. Off Anal. Chem. 67:973-975, 1984.
- COVENIN 902-78 Alimentos. Método para recuento de microorganismos aeróbios. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela, 1978.
- COVENIN 1337-78. Alimentos. Método para el recuento de hongos y levaduras. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela, 1978.
- COVENIN 1086-77. Alimentos. Método para recuento de bacterias coliformes en placas de Petri. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas. Venezuela, 1977.
- American Association of Cereal Chemist. Approved Methods of the AACC. Method 54-21 St. Paul, Mn. The Association, 1980.
- Quaglia, G. Ciencia y Tecnología de la Panificación. Ed. Acribia, S.A.. Zaragoza, España, 1991 p. 239-258.
- Haridas, R. Shurpalekar, S. Utilization of milo in bakery products. J. of Food Science and Technol. 13(6): 293-299, 1977.
- Oestle, B. Estadística Aplicada. Ed. Limusa, México, 1982.
- Mackey, A.C., Flores de Marquez, I. y Sosa, M. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Serie Manuales N° 2. ediciones CIEPE. San Felipe, Venezuela, 1984, p. 83-96.
- Wittig, E. Evaluación sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos. Talleres gráficos U.S.A.C.H. Chile, 1986, p. 61-62.
- Hudson, C.A. Chiu, M.M. y Knuckles, B.E. Development and characteristics of high fiber muffins with oat bran, rice bran, or barley fiber fractions. Cereal Foods World 37(5): 373-378, 1992.
- Haseborg E. y Himmelstein A. Quality problems with high-fiber breads solved by use of Hemicellulase enzymes. Cereal Foods World 33(5): 419-427, 1988.
- COVENIN 217-89. Harina de trigo. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela, 1989.
- Polizzoto, L.M. Tinsley A. M. Weber, C.W. y Berry, J. W. Dietary fibers in muffins. J. Food Sc. 48:111-118, 1983.
- Shogren, M.D. Pomeranz Y. y Finney K.F. Counteracting the deleterious effects of fiber in breadmaking. Cereal Chem. 58(2):142-144, 1981.
- Kurimoto, J. y Shelton, D.R. The effect of flour particle size on baking quality and other flour attributes. Cereal Foods World 33 (5): 429-433, 1988.
- Barber, S. Benedito de Barber, C. Y LLácer M.D. Contenido de fibra dietética, atributos sensoriales de calidad y composición química del pan «integral» del comercio. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 23(1): 119-131, 1983.
- Ranhotra, G. Gelroth. J. Soluble and Total Dietary Fiber in White Bread Cereal Chem. 65(2): 155-156, 1988.
- Englyst, H.N y Cummings, J.H. Resistant starch a «new» food component: A classification of starch for nutritional purposes. En: Cereals in European Context. Eur. Congr. Food Sc. Technol., 1st, Bournemouth, England, July, 1987.

Recibido: 14-10-1994

Aceptado: 11-10-1995