

## Elaboración de harina instantánea de maíz por proceso hidrotérmico I.

*Fernando Martínez B.<sup>1</sup> y Ahmed A. El-Dahs<sup>2</sup>*

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Dpto. de Biotecnología y Bioingeniería. Alimentos. Facultad de Ingeniería de Alimentos e Agrícola. Campinas, Brasil.

**RESUMEN.** Se estudió un proceso hidrotérmico simplificado para producción de harina instantánea de maíz y se evaluaron algunas variables que afectan la gelatinización del producto, determinándose algunas características tecnológicas de la harina obtenida. Mediante el uso de grits de menor diámetro de partícula y temperaturas de maceración superiores a la temperatura ambiente, se obtuvo un aumento en la velocidad de absorción de agua de los grits, disminuyéndose el tiempo de maceración requerido para el proceso. La harina instantánea obtenida con tratamiento térmico con vapor bajo presión a 118°C (1.94 kg/cm<sup>2</sup>) durante 1 minuto después de 5 horas de maceración a temperatura ambiente (28-30°C) presentó características de viscosidad, índice de absorción y solubilidad en agua similares a aquellas harinas obtenidas con temperaturas de maceración superiores a la temperatura ambiente y diferentes tiempos de tratamiento térmico (5 y 15 minutos). Las características de color y estabilidad durante el almacenamiento fueron mejoradas con el tratamiento hidrotérmico en relación a la harina no tratada.

**SUMMARY.** Elaboration of instant corn flour by hydrothermal process. I. The objective of this research was to investigate a simplified hydrothermal process for the production of instant corn flour and evaluate some variables that affected the degree of gelatinization of corn flour, and evaluate some technological characteristics of the flour. The use of grits of lesser particle diameter and increasing temperature of the soaking water resulted in an increase in the rate of absorption of water of grits, permitting a reduction of soaking time necessary for the process.

The instant corn flour prepared by the hydrothermal process using corn grits soaked in water at room temperature (28-30°C) for 5 hours and steaming for 1 minute at 118°C presented characteristics of viscosity, water absorption index and water solubility index similar to that of flours prepared with grits soaked in water at a temperature higher than room temperature and different steaming time (5 and 15 minutes). The characteristics of color and shelf life of corn flour were improved with the hydrothermal process.

### INTRODUCCION

Una forma de promover el aumento del consumo humano del maíz es mediante la elaboración de productos de uso práctico, en la forma de alimentos de preparación rápida o instantánea. Esto puede ser realizado en el caso de los cereales mediante el proceso de gelatinización (1,2). Una harina ins-

tantánea es un producto que es sometido a un tratamiento térmico, modificando una serie de propiedades funcionales, como la capacidad de absorción de agua, la solubilidad en agua y las propiedades de viscosidad en un sistema acuoso, lo que facilita su uso en la preparación de alimentos tradicionalmente elaborados a base de maíz, capacitando este producto a nuevos y variados usos en la alimentación (2,3,4). Esos procesos hacen uso de equipo e instalaciones de alto costo, lo que limita la producción de harina instantánea por la pequeña y mediana industria, características de América Latina. El objetivo de este trabajo fue evaluar un proceso hidrotérmico simplificado, estudiando diferentes parámetros que influyen en el proceso de la producción de harinas instantáneas de grits de maíz.

1 Profesor Investigador CINVESTAV. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Dpto. de Biotecnología y Bioingeniería. Alimentos. Apdo. Postal 14-740 México, D.F. C.P. 07000.

2 Profesor Investigador Facultad de Ingeniería de Alimentos e Agrícola. FEAA, UNICAMP, C.P. 13.100 Campinas, São Paulo, Brasil.

## MATERIALES Y METODOS

**Materia prima.** En la elaboración de harina instantánea se utilizaron grits de maíz comercialmente denominados quirera O1 (subproducto de la industria de extracción de aceite) obtenidos de la empresa Minasa, S.A., Campinas, São Paulo, Brasil.

**Proceso hidrotérmico.** La clasificación de los grits fue realizada de la siguiente manera: 100 kg de grits fueron separados en una clasificadora de granos por gravedad (marca Blasi) y clasificados de acuerdo con su tamaño. Para la determinación del tamaño de partícula de los grits obtenidos en la clasificadora, se usó un conjunto de cribas Granutest y un vibrador Productest.

**Maceración.** En esta etapa se colocaron 4 kg de grits en un recipiente de aluminio con capacidad de 10 L y se adicionaron 4 L de agua a temperatura ambiente que osciló entre 28 y 30°C o a temperaturas de 50 ó 70°C, manteniendo en este último el recipiente en un baño a la temperatura deseada, regulada mediante un termostato y con agitación intermitente durante el tiempo de maceración.

**Tratamiento térmico.** Las muestras de grits maceradas y escurridas se colocaron en cribas de alambre (40 x 25 cms) en capas de aproximadamente 3 cm de espesor y colocadas en un autoclave (Dixie Canner Equipment Co., modelo RD-TI-3) provisto de sistema de mando digital (SET Programmer Taylor Instruments Co) inicialmente programada a 118°C (1.94 kg/cm<sup>2</sup>) durante el tiempo determinado para cada ensayo. Posteriormente el material fue descargado y enfriado rápidamente mediante circulación de aire, aproximadamente durante 1 minuto.

**Secado.** Los grits se colocaron en cribas de alambre formando capas de aproximadamente 1 cm de espesor y deshidratadas con circulación de aire forzado en estufa de laboratorio (marca Fanem) a una temperatura de 40-50°C durante un tiempo aproximado de 16 horas.

**Molienda.** Se llevó a cabo en dos etapas, una molienda inicial efectuada con molino de martillos de rotación libre (Tipo CV-2) usando una criba con abertura de 1.5 mm y una molienda final usando la sección de quiebra del molino de rodillos Brabender Quadromatic Seniro.

**Métodos.** Humedad de los grits de maíz (5) en el caso de las harinas se usó el Semi-automatic Moisture Tester Brabender a 130°C durante 1 hora. El índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua fueron determinados de acuerdo con el método de Anderson *et al* (6). Para la determinación de la estabilidad de las harinas durante el almacenamiento, éstas fueron colocadas en bolsas de plástico herméticamente cerradas y mantenidas a temperatura ambiente. El contenido de ácidos grasos libres fue determinado de acuerdo con el método de AACC N° 02-01 (5). El índice de peróxidos, fue determinado de acuerdo con el método de Mehlenbacher (7). La prueba de actividad enzimática de peroxidasa fue realizada de acuerdo con el método descrito por Whitaker (8). La determinación del

color de los grits y de la harina se realizó en un espectrofotómetro RFC-3 computer HP 2100A. Hewlett Packard, con disco 7900A y lámpara de xenón XBO 250 W. El espectrofotómetro fue calibrado con sulfato de bario, usando aproximadamente 50 g de cada muestra (9).

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Clasificación granulométrica.** Los resultados del rendimiento de los grits obtenido en la clasificadora por gravedad, son presentados en la Tabla 1. Se obtuvieron 5 fracciones. Las fracciones designadas como **d** y **e** constituidas por cáscara y polvo fueron descartadas, representando rendimientos de 0.50 y 0.32% respectivamente, obteniéndose 1.03% de pérdidas totales.

TABLA 1  
RENDIMIENTO DE GRITS DE MAIZ OBTENIDO EN LA CLASIFICADORA POR GRAVEDAD

Fracción	Porcentaje
a	26.40
b	61.55
c	10.20
d	0.50
e	0.32

n=3

**Determinación del tamaño de partícula.** Los resultados del análisis granulométrico (Tabla 2) mostraron que en las tres fracciones obtenidas en la clasificadora, aproximadamente de 49 a 85% presentaron un diámetro de partícula menor que 4.698u y mayor que 2.362u.

TABLA 2  
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA DE GRITS DE MAIZ

Criba Tyler n°	Tamaño de partícula (u)	Material retenido (%)		
		a	b	c
4	>4.698	8.5	12.1	49.6
8	2.362-4.698	85.4	85.8	49.3
14	1.168-2.362	0.5	1.8	0.6
fondo	<1.168	5.6	0.3	0.5
Diámetro medio de partícula (u)	2.905	3.545	4.647	

n= 3

Efecto del tamaño de los grits y temperatura de maceración sobre la cinética de absorción de agua. Generalmente el contenido de humedad de una harina o de grits de maíz obtenidos de la molienda por vía seca se sitúa entre 10 y 14% (10). Este nivel es considerado bajo para realizar la gelatinización, siendo necesario aumentar el contenido de agua del material para obtener un grado de gelatinización adecuada. La absorción de agua ocurre cuando el material es colocado en maceración con agua a temperatura ambiente o a temperaturas más elevadas. En el caso de maceración a temperatura ambiente (Figura 1a) en las fracciones designadas como *a*, *b* y *c* se observaron tres etapas de absorción de agua. En la primera hora de maceración la absorción de agua fue bastante rápida revelado por el aumento de humedad de 10.2 hasta 27% en el caso de la fracción *a*, hasta 25.4% en el caso de la fracción *b* y 24% en el caso de la fracción *c*. La segunda etapa fue caracterizada por la reducción progresiva de la velocidad de absorción, alcanzado finalmente una etapa donde el material prácticamente no absorbió más agua y la humedad quedó constante. La humedad de equilibrio (alrededor de 30%) fue alcanzada por la fracción *a* después de 3 horas de maceración, 5 horas de maceración en el caso de la fracción *b* y 7 horas en el caso de la fracción *c*. Los resultados obtenidos mostraron un aumento en la velocidad de absorción de agua del material a medida que se redujo el diámetro medio de los grits. En el caso de maceración a 50°C (Figura 1b) se presentaron dos etapas de absorción de agua, la primera se caracterizó por un aumento rápido en la absorción de agua de un 10.2% hasta aproximadamente un 20% en la fracción *a* y de 10.2 hasta cerca de un 18% en el caso de las fracciones *b* y *c* durante los primeros 5 minutos de maceración. La segunda etapa reveló una reducción progresiva en la absorción de agua, siendo alcanzado el valor de 30% de humedad en un tiempo de 35, 80 y 90 minutos por las fracciones *a*, *b* y *c*, respectivamente. Cuando fue usada una temperatura de 70°C (Figura 1c) en la maceración, el comportamiento de las fracciones de los grits fue bastante similar al anterior, siendo alcanzado el nivel de 30% de humedad por las fracciones *a*, *b* y *c* en tiempos de 15, 30 y 40 minutos respectivamente. En los ensayos realizados se consiguió reducir el tiempo de maceración necesario para el proceso mediante el uso de temperaturas superiores a la temperatura ambiental (50 y 70°C) en las cuales la velocidad de absorción de agua fue mayor.

Efecto del tiempo de tratamiento térmico y temperatura de maceración sobre las características de viscosidad, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua. Basados en el mayor rendimiento obtenido de los grits con diámetro medio de 3.545u, éste fue macerado y tratado térmicamente con vapor bajo presión a 118°C durante 1, 5 y 15 minutos.

FIGURA 1a  
Relación entre tiempo de maceración y humedad en los grits de maíz (28-30°C)

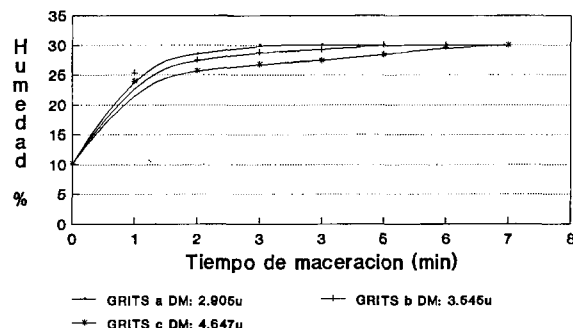


FIGURA 1b  
Relación entre tiempo de maceración y humedad en los grits de maíz (50°C)

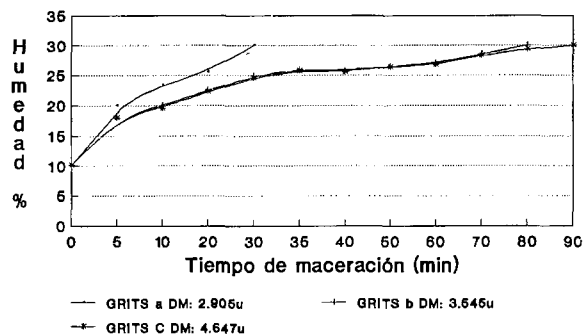
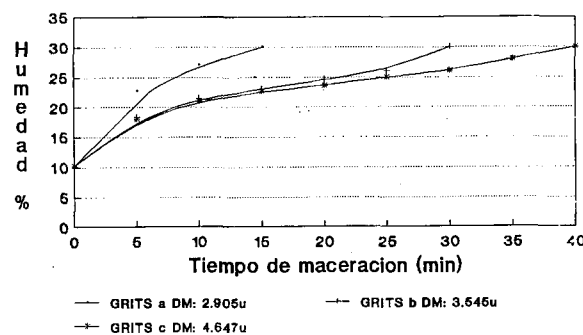


FIGURA 1c  
Relación entre tiempo de maceración y humedad en los grits de maíz (70°C)



La Tabla 3 presenta los resultados obtenidos en las características de viscosidad e índices de absorción y solubilidad en agua de las harinas instantáneas. El tiempo de tratamiento térmico después de 5 horas de maceración a temperatura ambiente no afectó las características de viscosidad a 95°C. Para tratamientos térmicos de 1 y 5 minutos la viscosidad después de 20 minutos a 95°C y la viscosidad final en el ciclo de enfriamiento (50°C) permanecieron constantes, ocurriendo una reducción de estas viscosidades cuando fue usado un tratamiento térmico durante 15 minutos. En el caso de

maceración durante 80 minutos a 50°C, se observó una reducción de los valores de viscosidad a medida que fue aumentado el tiempo de tratamiento térmico, ocurriendo el mismo fenómeno cuando fue usada una temperatura de maceración de 70°C durante 30 minutos. Los índices de absorción y solubilidad en agua en cada una de las condiciones de maceración, aumentaron ligeramente con el aumento del tiempo de tratamiento térmico. Los menores índices fueron obtenidos para

tratamientos térmicos de 1, 5 y 15 minutos a temperatura de maceración de 70°C durante 30 minutos. Las harinas obtenidas con tratamiento térmico de 1 minuto y temperaturas de maceración de 28-30°C fueron seleccionadas para posteriores estudios debido a que presentaron características de viscosidad similares al resto de las harinas así como un menor gasto de energía durante su proceso.

TABLA 3  
EFECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO CON VAPOR A 118°C Y TEMPERATURA DE MACERACION EN LAS CARACTERISTICAS DE VISCOSIDAD E INDICES DE ABSORCION Y SOLUBILIDAD EN AGUA

Condiciones de maceración	Tiempo de tratamiento térmico (min)	Características de viscosidad			IAA	ISA
		95°C U.A.	después de 20 min a 95°C U.A.	50°C U.A.		
Materia-prima		370	340	1.000	3.95	2.50
28-30°C (5 horas)	1	200	420	680	4.50	2.53
	5	200	420	680	4.62	2.65
	15	190	340	580	5.15	3.28
50°C (80 minutos)	1	300	560	800	4.42	2.26
	5	140	350	550	4.98	2.85
	15	80	310	500	5.02	3.06
70°C (30 minutos)	1	260	510	760	4.08	1.96
	5	220	470	700	4.10	1.98
	15	80	330	530	4.12	2.04

n= 3

IAA : Índice de absorción de agua

ISA: Índice de solubilidad en agua

U.A.: Unidades amilográficas

Estabilidad durante el almacenamiento. Dentro de los factores que influyen la estabilidad de una harina durante el almacenamiento, se consideran la inactivación de peroxidasas, la liberación de ácidos grasos libres y el índice de peróxidos. La peroxidasa es una enzima que presenta mayor estabilidad a la acción del calor en relación a otras enzimas, por lo que se utiliza como patrón para verificar la inactivación de un diverso número de enzimas en el procesamiento del maíz, dependiendo esta inactivación de la cantidad de calor y contenido de humedad usadas en el proceso (10). Los resultados obtenidos indicaron la presencia de peroxidasa en harina de maíz al inicio y durante el almacenamiento, no obstante, en la harina instantánea las condiciones de proceso fueron suficientes para

llevar a cabo la inactivación enzimática de peroxidasa. Los ácidos grasos insaturados libres en presencia de oxígeno, iones metálicos (cobre, cobalto, manganeso, hierro y níquel) y temperatura elevada son sensibles a deterioración oxidativa. Un daño semejante ocurre con los glicéridos aún intactos que contienen enlaces insaturados (11). Los resultados obtenidos en el desvolcamiento de ácidos grasos libres en harina instantánea de maíz presentaron un valor inicial de 4.7 y un valor final de 30.6 mg de KOH/100g de ácidos grasos libres, mientras que la harina de maíz alcanzó en la 6a. semana un valor de acidez igual a la harina instantánea almacenada durante 1 año (Figura 2a). Este resultado indicó que la harina instantánea fue más estable durante el almacenamiento en

relación a la harina de maíz sin tratamiento. El oxígeno atmosférico oxida las ligaciones no saturadas de los ácidos grasos, produciendo hidroperóxidos que posteriormente son descompuestos en varias formas de compuestos volátiles, principalmente aldehídos y cetonas (7). La cantidad de peróxidos acumulados en harina de maíz y harina instantánea almacenadas durante 1 año son presentados en la Figura 2b. La harina instantánea presentó un valor final de 14.14 mEq/kg durante 1 año de almacenamiento, mientras que, la harina de maíz presentó en la 16a. semana 15.2 mEq/kg. Después de 40 semanas esta harina presentó un valor máximo de 30.8 mEq/kg, siguiendo una reducción gradual de 27.0 mEq/kg al final de 48 semanas, siendo atribuido este fenómeno a una evaporación de compuestos carboxílicos volátiles formados durante la reacción.

FIGURA 2a

Desenvolvimiento de ácidos grasos libres de harina de maíz y harina instantánea

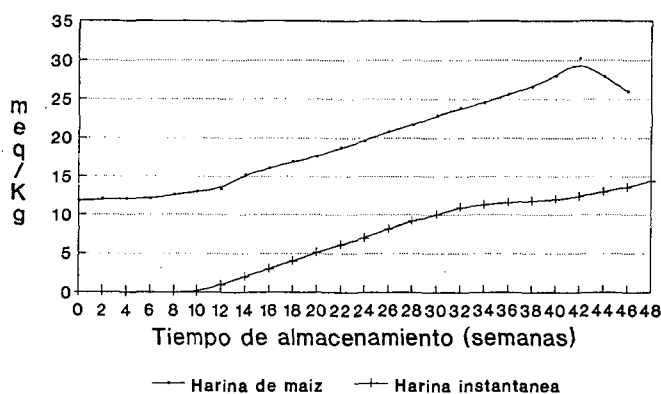
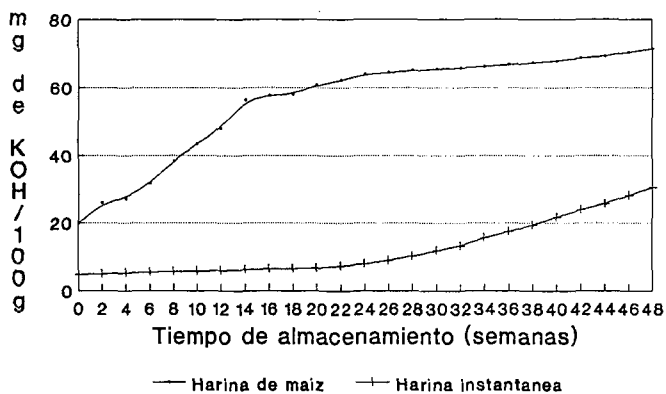


FIGURA 2b

Desenvolvimiento de peróxidos en harina de maíz y harina instantánea



Resultados del análisis de color. La harina de maíz presentó una absorbancia de 80.10 y la harina instantánea de 75.47, lo que mostró que el proceso hidrotérmico mejoró el color amarillo del producto, probablemente atribuido a una solubilización de pigmentos durante la maceración de los grits y su posterior secado. Las mayores diferencias en color fueron

determinadas entre grits pre-gelatinizados y harina instantánea, así como también entre grits y harina de maíz. Grits sin tratamiento y Grits pre-gelatinizados presentaron una diferencia de 14.2 y la menor diferencia fue observada entre harina de maíz y harina instantánea (Tabla 4).

TABLA 4  
DIFERENCIA TOTAL EN EL COLOR DE LOS GRITS Y DE LAS HARINAS

Muestras	Diferencia total en color
Grits y grits pre-gelatinizado	14.2c
Grits y harina de maíz	24.8b
Grits pre-gelatinizado y harina instantánea	31.0a
Harina de maíz y harina instantánea	7.2d

columna con la misma letra no presentan diferencia significativa  
a = 0.05

## CONCLUSIONES

La harina instantánea obtenida con tratamiento térmico con vapor bajo presión a 118°C durante 1 minuto y 5 horas de maceración a temperatura ambiente (28-30°C) presentó características de viscosidad, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua similares a aquellas harinas obtenidas con temperaturas de maceración superiores a la temperatura ambiente (50 y 70°C) y diferentes tiempos de tratamiento térmico (5 y 15 minutos). Las características de color y estabilidad durante el almacenamiento fueron mejoradas con el tratamiento hidrotérmico en relación a la harina no tratada.

## REFERENCIAS

1. SFA. Corn Manual. Snack Foods Association, Alexandria, VA. 1986.
2. Inglett, G.E. Maize: Recent Progress in Chemistry and Technology. G.E. Inglett, ed. Academic Press, Inc., New York. 1982.
3. Bar, W.H. Processamento de farinha de milho pré-gelatinizada seu emprego e resultados em panificação. Coletânea do ITA13, Campinas São Paulo, Brasil, 351, 1970.
4. Smith, O.B. Extrusion cooking of corn flours and starches as snacks, breadings, croutons, breakfast cereals, pastas, food

- thickeners, and adhesives. Pages 193-219 in: *Maize: Recent Progress in Chemistry and Technology*. G.E. Inglett, ed. Academic Press, Inc., New York, 1982.
5. American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of the AACC*. St. Paul, MN, 1983.
  6. Anderson, R.A.; Conway, H.F.; Feifer, V.F., and Griffin, Jr. E.L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Sci. Today* 14:4-7, 11, 12, 1969.
  7. Mehlenbacher, V.C. *The analysis of fats and oils*. Garrard Press. Champaign, Illinois, 1965.
  8. Whitaker, J.R. Denaturation and renaturation of proteins. In: *Food proteins*. Ed. John R. Whitaker and Steven R. Tannenbaum. AVI Publishing Company, Inc. Westport Conn, 14-49, 1977.
  9. Zeiss, *Automatisches Farbmessgerät RFC-3*. Operating Instructions, West Germany, 1970.
  10. Brekke, O.L. *Corn dry milling industry*. Chap. III In: *Corn: Culture, processing, products*. Ed. by Inglett, G.E. The AVI publishing Co. Inc. Westport Conn, 1970.
  11. Emmerie, A., and Engel, C. In: *Mehlenbacher, V.C. The analysis of fats and oils*. Garrard Press. Champaign, Illinois, 1965.

Recibido: 11-06-1992

Aceptado: 01-06-1993