

Efecto de la adición de harina instantánea de maíz en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de pan III.

Fernando Martínez B.¹ y Ahmed A. El-Dahs²

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. Las características de viscosidad evaluadas mediante el uso del viscosímetro mostraron que la adición de harina instantánea de maíz (elaborada por proceso hidrotérmico) a la harina de trigo en niveles crecientes de hasta 25% redujo el pico de viscosidad máxima durante el ciclo de calentamiento, mientras que la viscosidad máxima durante el ciclo de enfriamiento fue aumentada. La absorción de agua de las mezclas determinada con el empleo del farinógrafo aumentó progresivamente a medida que fue aumentado el porcentaje de harina instantánea en la mezcla. Los valores de extensibilidad de la masa, la resistencia máxima y los valores de área utilizando el extensímetro, fueron reducidos con la incorporación creciente de la harina de maíz, sin embargo, la resistencia a la extensión y el número proporcional fueron aumentados. Los panes elaborados con mezclas de harina instantánea-harina de trigo, presentaron mayor peso con una ligera reducción en el volumen, color y textura de la miga en relación al pan elaborado con harina de trigo.

SUMMARY. Effect of addition of instant corn flour in rheological characteristics of wheat flour and breadmaking. III. 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 similar to that of flours prepared with grits soaked in water at temperature higher than room temperature and different steaming time (5 and 15 minutes). The addition of instant corn flour up to a 25% mixture with wheat flour reduced the peak of maximum viscosity during the heating cycle; however, the final viscosity during the cooling cycle was increased. The water absorption was increased with the increase of substitution in the level of wheat flour. Extensibility, maximum resistance and values of area were reduced with an increase in the level of instant corn flour in the mixture. However, extension resistance and proportional number were increased. Bread prepared from a mixture of instant corn flour and wheat flour showed higher weight with low loaf volume, color and texture of the crumb related to bread wheat.

INTRODUCCION

Diversas investigaciones han sido realizadas asociadas con la parcial o total substitución de harina de trigo por harina o almidón de otras fuentes para la producción de pan (1,2,3,4), siendo establecida una reducción gradual del gluten en las mezclas lo que conduce a un bajo potencial de panificación.

En algunos países de América Central y América del sur, niveles de 15 ó 20% de harina de maíz son usados en mezclas con harina de trigo para reducir las importaciones de trigo y aprovechar la producción local de maíz (6). Diversos estudios (6,7,8,9,10) han sido publicados con respecto a la posibilidad de adición de harina instantánea de maíz como substituto parcial de harina de trigo en panificación, preparación de pasteles, galletas y pastas alimenticias. Uno de los objetivos fundamentales en la substitución de harina de trigo para elaborar productos de panificación es establecer el nivel apropiado, sin ocasionar cambios significativos en la calidad del producto final y sin ajustes considerables en el proceso de elaboración (5). El uso de harinas compuestas en la elaboración de diversos productos ha sido revisado exhaustivamente

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.

por De Ruyter (5). El presente trabajo presentó como objetivos fundamentales evaluar el efecto de la adición de la harina instantánea de maíz en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de pan.

MATERIALES Y METODOS

Materia prima. En la elaboración de harina instantánea se emplearon grits de maíz denominados comercialmente quirera 01, obtenido de la empresa Minasa, S.A., Campinas, São Paulo, Brasil. Para el estudio de las características reológicas de las mezclas y elaboración de pan se utilizó harina de trigo (variedad Galvez, liberada en México).

Para la obtención de harina instantánea de maíz se utilizaron grits de maíz macerados a temperatura de 28-30°C durante 5 horas y tratamiento térmico con vapor a 118°C (1.94 kg/cm²) por 1 minuto.

Métodos. La harina de maíz instantánea fue adicionada a la harina de trigo en porcentaje de 5, 10, 15, 20 y 25%, mezclando las harinas durante 15 minutos a 80 rpm, usando el mezclador planetario de la Brabender. La humedad de los grits y las propiedades reológicas de la masa (farinogramas, extensogramas y amilogramas) se analizaron de acuerdo con los métodos de AACC (11), en el caso de las harinas se usó el Semi-automatic Moisture Tester Brabender a 130°C durante 1 hora. La elaboración de pan se llevó a cabo utilizando el método de masa directa (11). El volumen del pan fue determinado usando un medidor de volumen, basado en el desplazamiento de la semilla (colza). El volumen desplazado por el pan es directamente proporcional al volumen del mismo. La determinación fue realizada 1h después de salir del horno. El color y textura de la miga fueron realizados visualmente con una lámpara especial que consta de una serie de filtros para

evitar la interferencia de sombra. La evaluación de cada pan se realizó en base a una escala hedónica, elaborada con un testigo considerado de excelentes características, existiendo la posibilidad de que alguno de estos panes supere al testigo, llevándose a cabo comparaciones de medias de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados de los amilogramas determinados mediante el uso del viscoamilógrafo Brabender. Los valores obtenidos en los amilogramas de las mezclas de harina de trigo con 5, 10, 15, 20 y 25% de harina de maíz se presentan en la Tabla 1. La temperatura inicial de gelatinización, temperatura de viscosidad máxima y el rango de gelatinización permanecieron casi constantes en niveles de hasta 25%. Las viscosidades máxima y mínima a temperatura constante de 95°C y la viscosidad máxima en el ciclo de enfriamiento sufrieron un incremento con la adición de niveles crecientes de harina de maíz. La adición de harina instantánea de maíz a la harina de trigo (Tabla 2) no afectó los valores de temperatura inicial de gelatinización, temperatura de viscosidad máxima y rango de gelatinización, sin embargo, se presentó una reducción gradual en los valores de las viscosidades máxima y mínima durante el ciclo de temperatura constante a 95°C a medida que fue aumentado el nivel de harina instantánea en la mezcla. Los valores de viscosidad máxima durante el ciclo de enfriamiento a 50°C fueron aumentando, ocurriendo una reducción parcial a medida que aumentó el nivel de sustitución. De acuerdo con los resultados obtenidos, la adición separada de harina de maíz y harina instantánea a la harina de trigo no afectaron los valores de temperatura inicial de gelatinización, temperatura de viscosidad máxima y rango de gelatinización.

TABLA 1
EFECTOS DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS AMILOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

Característica	Harina de maíz (%)						
	0	5	10	15	20	25	100
Temperatura inicial de gelatinización (°C)	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	62.0	58.0
Temperatura de viscosidad máxima (°C)	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	66.6
Rango de gelatinización (°C)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.0	8.6
Viscosidad máxima (U.A.)	500	480	470	410	340	330	200
Viscosidad mínima a temperatura constante de 95°C (U.A.)	320	340	340	320	290	280	210
Viscosidad máxima en el ciclo de enfriamiento a 50°C (U.A.)	920	960	950	940	940	930	680

TABLA 2
EFECTOS DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ INSTANTANEA EN LAS CARACTERISTICAS DE
LOS AMILOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

Característica	Harina de maíz (%)						
	0	5	10	15	20	25	100
Temperatura inicial de gelatinización (°C)	61.0	60.0	60.0	60.0	61.0	62.0	58.0
Temperatura de viscosidad máxima (°C)	91.0	90.0	90.0	91.0	91.0	91.0	68.0
Rango de gelatinización (°C)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	10.0
Viscosidad máxima (U.A.)	500	525	535	543	550	560	440
Viscosidad mínima a temperatura constante de 95°C (U.A.)	320	330	360	375	390	410	325
Viscosidad máxima en el ciclo de enfriamiento a 50°C (U.A.)	920	980	970	960	960	950	700

n=2

Resultados de los farinogramas determinados mediante el uso del farinografo Brabender. En la mezcla de trigo existe inicialmente la formación de una masa de grumos con poca cohesión. Gradualmente a medida que esa cohesión va en aumento la masa va desarrollando características elásticas hasta quedar suave y con una apariencia más seca. La ocurrencia de esas propiedades deseables se denomina desarrollo de la masa. Continuando el mezclado, la masa va perdiendo sus propiedades de elasticidad, resultando una masa extensible y pegajosa. Esa pérdida gradual de las características deseables en una masa, así como también las características de desarrollo de la masa son registradas mediante el farinografo (11). En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en las mezclas de

harina de trigo con niveles de 5 a 25% de harina de maíz. La absorción de agua aumentó progresivamente con el aumento del porcentaje de harina de maíz en la mezcla. El tiempo de llegada y el tiempo de desarrollo de la masa también se incrementaron ligeramente, presentando esta última un aumento pronunciado con la adición de 25%. La estabilidad de una masa está relacionada con la calidad proteínica de la harina, una mayor estabilidad indica mayor resistencia al mezclado y mejor calidad proteínica. Con el aumento de harina de maíz en la harina de trigo la estabilidad y el tiempo de salida fueron disminuidos. Resultados similares fueron reportados por Navickis y Nelsen (12).

TABLA 3
EFECTOS DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS
FARINOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

Característica	Harina de maíz (%)					
	0	5	10	15	20	25
Absorción de agua (°C)	66.0	67.0	68.0	67.5	67.9	68.3
Tiempo de llegada (min)	0.5	1.0	1.0	1.5	1.5	5.5
Tiempo de desenvolvimiento (min)	2.0	3.0	2.5	2.5	3.5	10.0
Tiempo de salida (min)	11.0	10.5	8.5	8.0	9.0	7.5
Indice de tolerancia (U.F.)	5.0	20.0	20.0	25.0	25.0	25.0
Lectura del valorímetro (U.F.)	54.0	54.0	50.0	50.0	48.0	54.0

n=2

Se observaron aumentos sensibles de los valores de índice de la tolerancia a la mezcla con la adición de harina de maíz. Las lecturas del valorímetro permanecieron constantes con ligeras variaciones. Los resultados obtenidos con la adición de harina instantánea de maíz son presentados en la Tabla 4. Se obtuvo un aumento progresivo en la absorción de agua con la adición de harina instantánea. El tiempo de llegada, tiempo de desarrollo de la masa, estabilidad al mezclado y el tiempo de

salida fueron aumentados, presentando los más altos valores con niveles de 20 y 25%. El índice de tolerancia al mezclado y las lecturas del valorímetro mostraron resultados gradualmente mayores con el aumento del porcentaje de harina instantánea. El tiempo de desarrollo de la masa permaneció poco alterado con la adición de niveles de hasta 15% aumentando a niveles mayores.

TABLA 4
EFECTOS DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ INSTANTANEA EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS FARINOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

Característica	Harina de maíz (%)					
	0	5	10	15	20	25
Absorción de agua (°C)	66.0	67.5	69.5	71.4	72.5	73.5
Tiempo de llegada (min)	0.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5
Tiempo de desenvolvimiento (min)	2.0	3.0	3.0	3.0	8.5	18.5
Estabilidad (min)	11.0	12.5	13.5	15.0	17.5	26.0
Tiempo de salida (min)	11.5	13.5	12.0	16.5	19.0	27.5
Índice de tolerancia (U.F.)	5.0	15.0	18.0	20.0	20.0	20.0
Lectura del valorímetro (U.F.)	54.0	54.0	54.0	60.0	60.0	60.0

n=2

Resultados de los extensogramas determinados mediante el uso del extensógrafo. Este equipo registra la fuerza de resistencia a la extensión de la masa hasta su ruptura en relación a la elasticidad de la misma, denominada extensibilidad de la masa. La formación de gluten debido a la mezcla de agua y harina de trigo, ocurre debido a la hidratación de las proteínas insolubles en agua presentes en la harina. La calidad tecnológica del gluten es evidenciada por la extensibilidad y resistencia a la extensión, dependientes en gran parte del número y de las fuerzas de enlaces cruzados entre las moléculas de proteína. Los enlaces de hidrógeno y de azufre desempeñan gran importancia para la formación de la estructura del gluten.

El efecto de la adición de harina de maíz en las características de extensión de la masa de harina de trigo es presentado en la Tabla 5. La adición de harina de maíz en niveles crecientes provocó una reducción de los valores de extensibilidad. La resistencia a la extensión y la resistencia máxima de la masa no fueron afectadas con la adición de hasta 20% de harina de maíz, ocurriendo un aumento con la substitución de 25%. Con el aumento del porcentaje de harina de maíz en la mezcla los valores de área fueron disminuyendo, no obstante el aumento del número proporcional, mostrando el debilitamiento de la red de gluten y posiblemente la interferencia de fibra con la formación de la red de gluten (12). Los resultados obtenidos en el extensógrafo de las diferentes substituciones de harina instantánea en la harina de trigo son mostrados en la Tabla 6.

Con el aumento del porcentaje de harina instantánea la extensibilidad se redujo para los tres diferentes tiempos de reposo. Los valores de resistencia a la extensión fueron aumentando con una mayor incorporación de la harina instantánea. La resistencia máxima fue poco afectada, el número proporcional fue aumentado, no obstante, ocurrió una reducción en el área total del extensograma con la adición de harina instantánea.

Prueba de panificación. Los panes preparados con mezclas de harina instantánea-harina de trigo presentaron un mayor peso, a media que se incrementó el nivel de substitución. Estos resultados obtenidos fueron mayores en relación a los obtenidos por Defloor y Delcour (13) quienes obtuvieron una menor absorción de agua y peso de los panes de las mezclas trigo-harina de yuca, lo que confirma los resultados obtenidos en la absorción de agua determinada en los farinogramas. El volumen y volumen específico de los panes se redujeron ligeramente con la adición de niveles crecientes de harina de maíz y harina instantánea a la harina de trigo, no obstante se obtuvieron mayores volúmenes en los panes elaborados con mezclas harina instantánea-harina de trigo, resultados similares fueron obtenidos por Defloor y Delcour (13), comportamiento que puede ser atribuido a la dilución del gluten de harina de trigo, lo que también confirma los resultados obtenidos en la extensibilidad de la masa obtenidos a través de los extensogramas, con una reducción en la extensibilidad y

aumento de la resistencia a la extensión. El color de la miga en general fue de amarillo crema, debido a que se usó un maíz de color amarillo con lo cual los pigmentos presentes en esta materia prima afectaron ligeramente el color de la miga. La textura de la miga fue mejor en los panes elaborados con mezclas de harina instantánea-harina de trigo. Los resultados obtenidos corroboran lo reportado por Matthews *et al* (6)

quienes determinaron que el grado de gelatinización y el nivel de sustitución de harina de trigo por harina pre-gelatinizada de maíz ocasionan alteraciones en las propiedades reológicas de la masa, sin embargo no afectan las características del pan, concluyendo la viabilidad de emplear harina pre-gelatinizada de maíz en la elaboración de pan, resultados similares fueron obtenidos por Bar (7).

TABLA 5
EFECTO DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS EXTENSOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

	Harina instantánea %																	
	0			5			10			15			20			25		
	Tiempo de reposo (min)																	
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
E	222	206	225	203	200	190	191	194	186	184	180	176	170	160	156	153	139	146
R	250	290	270	275	310	310	270	280	300	275	285	305	280	320	310	290	345	330
RM	410	480	470	400	470	475	415	460	515	405	450	520	400	470	460	350	430	450
D	1.1	1.4	1.2	1.3	1.5	1.6	1.4	1.4	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	2.0	1.9	1.9	2.4	2.2
A	114	122	133	107	119	126	101	112	117	95	100	114	85	93	85	71	75	81

n= 2

E: Extensibilidad (min)
R: Resistencia a la extensión (U.E.)
RM: Resistencia máxima (U.E.)
D: Número proporcional (D=R/E)
Area Total (cm²)

TABLA 6
EFECTO DE LA ADICION DE HARINA INSTANTANEA EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS EXTENSOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

	Harina instantánea %																	
	0			5			10			15			20			25		
	Tiempo de reposo (min)																	
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
E	222	206	225	203	200	190	191	194	186	184	180	176	170	160	156	153	139	146
R	250	290	270	275	310	310	270	280	300	275	285	305	280	320	310	290	345	330
RM	410	480	470	400	470	475	415	460	515	405	450	520	400	470	460	350	430	450
D	1.1	1.4	1.2	1.3	1.5	1.6	1.4	1.4	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	2.0	1.9	1.9	2.4	2.2
A	114	122	133	107	119	126	101	112	117	95	100	114	85	93	85	71	75	81

n= 2

E: Extensibilidad (min)
R: Resistencia a la extensión (U.E.)
RM: Resistencia máxima (U.E.)
D: Número proporcional (D=R/E)
Area Total (cm²)

TABLA 7
EVALUACION DE LA CALIDAD DE PAN ELABORADO CON MEZCLAS DE HARINA DE MAIZ-HARINA DE TRIGO Y HARINA INSTANTANEA DE MAIZ-HARINA DE TRIGO

Características	Harina de maíz %						Harina instantánea %					
	0	5	10	15	20	25	0	5	10	15	20	25
Peso (g)	150	151	154	150	151	151	150	154	153	157	155	160
Volumen (cm ³)	930	800	870	875	925	815	930	925	926	927	928	928
Volumen esp. (cm ³ /g)	6.2	5.3	5.6	5.8	6.1	5.4	6.2	6.0	6.0	5.9	6.0	5.8
Color miga	10c	9ac	9ac	9ac	10c	9ac	10ac	9ac	9ac	9ac	9ac	10c
Textura	10E	8B	8B	9MB	8B	8B	10E	9MB	9MB	8B	8B	8B

n= 2

E: Excelente C: crema
MB: Muy Buena A: amarillo
B: Buena
R: Regular
P: Pobre

CONCLUSIONES

La adición de harina instantánea de maíz a la harina de trigo en niveles crecientes de hasta 25% aumentó la viscosidad máxima durante el ciclo de enfriamiento. La absorción de agua aumentó progresivamente a medida que se incrementó el porcentaje de harina instantánea en la mezcla. La extensibilidad de la masa, la resistencia máxima y los valores de área se redujeron con la incorporación creciente de la harina de maíz. Los panes elaborados con mezclas de harina instantánea-harina de trigo presentaron mayor peso con una ligera reducción en el volumen y volumen específico, color y textura de la miga. En general un nivel de sustitución de harina de trigo con harina instantánea de hasta 20% no produjo cambios considerables en las características tecnológicas de los panes elaborados.

REFERENCIAS

- Hoseney, R.C. Functional properties of pentosans in baked foods. *Food Technol.* 38:114, 1984.
- Satin, M. Bread without wheat. *New Sci.* April 28, pp 56-59. 1988.
- Olatunji, O., and Akinrele, I.A. Comparative rheological properties and bread qualities of wheat flour diluted with tropical tuber and breadfruit flours. *Cereal Chem.* 55:1-6, 1978.
- Almazan, A.M. Effect of casava flour variety and concentration on bread loaf quality. *Cereal Chem.* 67:97-99, 1990.
- De Ruiter, D. Composite flours. In: *Advances in Cereal Sci. and Tech.* Vol II Chapter 5. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, 1981.
- Matheus, R.L.; Sharpe, E.J., and Clark, W.M. Some functional properties of processed corn meal as related to use in bread, beverages and porridges. *Cereal Sci. Today* 15:208-210, 1970.
- Bar, W.H. Processamento de farinha de milho pré-gelatinizada seu emprego e resultados em panificação. *Coletânea do ITAL* 3:351. Campinas, S.P. Brasil, 1970.
- Leitão, R.F., Vitti, P., Angelucci, E., e Tango, J.S. Farinha de milho pré-gelatinizada em pastas alimenticias. *Coletânea do ITAI* 325-366. Campinas, S.P. Brasil, 1970.
- Molina, M.R., Mayorga, I., Lachance, P. A., and Bressani, R. Production of high-protein quality paste products using a semolina-corn-soy flour mixture. II. Some physicochemical properties of the untreated and heat-treated corn flour and of the mixtures studied, *Cereal Chem.* 53:134-140, 1976.
- Vitti, P. Emprego de farinha pré-gelatinizada em bolo e bolacha, *Coletânea do ITAL* 3:293-311. Campinas, S.P. Brasil, 1969.
- American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of the AACC.* The Association: St. Paul, MN, 1983.
- Navickis, L.L., and Nelsen, C.T. Mixing and extensional properties of wheat flour dough with added corn flour, fibers, and gluten. *Cereal Foods World.* 37:30-35, 1992.
- De Floor, I., Nys, M. and Delcour, A.J. Wheat starch, cassava starch, and casava flour impairment of the breadmaking potential of wheat flour. *Cereal Chem.* 70:526-529, 1993.

Recibido: 11-06-1992

Aceptado: 01-06-1993