

RELACIÓN DE AMILOSA: AMILOPECTINA EN EL ALMIDÓN DE HARINA NIXTAMALIZADA DE MAÍZ Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE LA TORTILLA

AMYLOSE:AMYLOPECTIN RATIO IN STARCH OF NIXTAMALIZED MAIZE FLOUR AND ITS RELATIONSHIP WITH TORTILLA QUALITY

Yolanda Salinas Moreno^{1*}, Patricia Pérez Herrera¹, Jorge Castillo Merino² y Luis A. Álvarez Rivas²

¹ Laboratorios de Calidad, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Apartado Postal No. 10, C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-1500 Ext. 5372. Fax: 01 (595) 954-2865. ² Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. C. P. 56230 Chapingo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-1500 Ext. 1629.

* Autor responsable

RESUMEN

La modificación de la proporción de amilosa:amilopectina en el almidón de harinas nixtamalizadas de maíz (*Zea mays L.*) fue evaluada en las características reológicas de la harina y la calidad de la tortilla. Se usaron dos harinas comerciales y otra obtenida mediante el método tradicional de nixtamalización, con cuatro diferentes proporciones de amilosa:amilopectina, 15:85, 20:80, 40:60 y 50:50. Se efectuó la caracterización física y química de las harinas, y la calidad de las tortillas se midió en términos de color, textura y humedad, durante un periodo de almacenamiento de cinco días a 4 ± 1 °C. El aumento en la proporción de amilosa en las harinas propició el incremento en la temperatura de inicio de gelatinización, reducción del desarrollo de viscosidad y ausencia de pico de viscosidad máxima. Las tortillas elaboradas con harinas ricas en amilosa mostraron una considerable disminución en la humedad y un incremento importante de la dureza durante el almacenamiento, en tanto que las tortillas producidas con harinas con alta proporción de amilopectina conservaron mejor la humedad y suavidad. Las tortillas elaboradas con harinas ricas en amilosa fueron de un color más brillante que las elaboradas con harinas altas en amilopectina.

Palabras clave: *Zea mays L.*, amilopectina, amilosa, tortilla, textura.

SUMMARY

The modification of amylose:amylopectin (AML:AMP) ratio in starch of nixtamalized maize flour was evaluated on the flour rheological properties and tortilla quality. Four amylose:amylopectin ratios (15:85, 20:80, 40:60, and 50:50) were tested in two commercial nixtamalized corn flours, plus in another flour prepared under the traditional nixtamalization method. Physical and chemical characteristics were determined on the three flours. The quality of tortillas prepared with the flours having different amylose:amylopectin ratios were evaluated in terms of color, texture and humidity during a five day storage period at 4±1 °C. The amylograms from flours with high amylose ratio displayed high initial gelatinization temperature (TIG), low viscosity development and absence of the maximum viscosity peak. Tortillas prepared from flours with high amylose ratio showed

a sharp decrease in moisture content and a high increase in hardness during storage. Tortillas from high amylopectin treatments showed only slight changes in moisture content and softness during storage, while tortillas obtained from high amylose flours showed a brighter color than those obtained from high amylopectin flours.

Index words: *Zea mays L.*, amylopectin, amylose, tortilla, texture.

INTRODUCCIÓN

La tortilla continúa siendo pilar importante en la alimentación del pueblo mexicano. Según Lomelí (1996), en las clases de menores ingresos este producto aporta hasta 70 % de las calorías que ingieren diariamente. Las propiedades funcionales de la mayoría de los productos de maíz (*Zea mays L.*), entre ellos la tortilla, están fuertemente influenciadas por el almidón, a diferencia de lo que ocurre en otros cereales como el trigo (*Triticum aestivum L.*), cuyas características están dadas principalmente por las proteínas (Bedolla y Rooney, 1984; Serna-Saldivar *et al.*, 1990).

El almidón se conforma de las fracciones amilosa y amilopectina. La amilopectina es una molécula ramificada (Kasemsuwan y Jane, 1994). La amilosa, por el contrario, posee pocas ramificaciones (Hizukuri *et al.*, 1981), y tiene una gran tendencia a retrogradar, por lo que es considerada la principal causa de deterioro a corto plazo.

La proporción de amilosa:amilopectina y la estructura de las moléculas determinan las características reológicas y funcionales del almidón (Jane y Chen, 1992). La formación de geles y la retrogradación de amilosa y amilopectina en dispersiones acuosas o soluciones, son de

gran relevancia para la industria alimentaria, ya que son las principales razones del deterioro de los productos ricos en almidón (Mestres *et al.*, 1988), deterioro que se ve reflejado en cambios de textura durante su almacenamiento.

Se han realizado esfuerzos importantes para alargar la vida de anaquel de la tortilla, mediante el control del desarrollo de microorganismos en este producto (Yau *et al.*, 1994) y la preservación de su frescura y suavidad a través de la adición de diferentes aditivos (Yau *et al.*, 1994) o mediante el uso de enzimas (Iturbe-Chiñas *et al.*, 1996). Sin embargo, el conocimiento que hoy existe sobre el comportamiento de la amilosa y la amilopectina en sus aspectos reológicos y de retrogradación no se ha aprovechado para alargar la vida de anaquel de la tortilla de maíz, a pesar de que en pan y tortillas de trigo se han obtenido buenos resultados (Bhattacharya *et al.*, 2002; Waniska *et al.*, 2002).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de modificar la proporción de amilosa: amilopectina en el almidón de harinas nixtamalizadas de maíz, sobre las propiedades reológicas de la masa y las características de textura, color y humedad de la tortilla, durante un periodo de almacenamiento de cinco días en refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron dos harinas de maíz nixtamalizado comerciales: harina nixtamalizada Maseca® (HNMA) y harina nixtamalizada Minsa® (HNMI) y una preparada con el método tradicional de nixtamalización usando el maíz H-137, efectuando el proceso según lo descrito por Salinas y Arellano (1989), que incluyó secar la masa en estufa a 50 °C por 6 horas. Las diferencias básicas entre los dos métodos de preparación de las harinas son el tipo de molino empleado para moler el nixtamal, y la manera de secar la harina. En el método industrial se usan molinos de martillos y en el secado de la harina se aplica un proceso tipo "flash", en el cual la harina húmeda entra en contacto con aire caliente a contracorriente; el método tradicional aplicado en este trabajo es el que se usa para la obtención de masa fresca, en el que la molienda del nixtamal se hace en un molino de piedras. La masa luego se deshidrató en una estufa de convección mecánica, bajo las condiciones antes descritas.

Los reactivos empleados para obtener las diferentes relaciones de amilosa:amilopectina en el almidón de las harinas fueron: amilosa 70 % y amilopectina 100 %, grado práctico de Sigma Co., extraídas de maíz.

Caracterización de las harinas

Para homogenizar el tamaño de partícula entre las harinas, éstas se pasaron por un molino UDY (Tecator ab,

Sweden) con malla 0.5 mm, y posteriormente se hicieron los análisis. Las variables físicas evaluadas fueron: humedad (Mét. 14.004; AOAC, 1984), pH (Mét. 14.002; AOAC, 1984), índice de absorción de agua (Anderson *et al.*, 1969), índice de absorción de agua subjetivo, que se consideró como la cantidad de agua necesaria para que una muestra de 100 g de harina desarrolle una masa con una consistencia adecuada para elaborar la tortilla. El tamaño medio de partícula se determinó mediante tamizado de una muestra de 20 g de harina durante 20 min en un cernidor Planchester (modelo CH5034, Bosch, Germany) equipado con las mallas # 75 (243 µm), 8xx (193 µm), 10xx (137 µm), y 11xx (124 µm). Los resultados se expresaron como porcentaje (p/p) de la harina retenida en cada una de las mallas. El análisis químico proximal de las muestras incluyó: almidón (Herrera-Saldaña y Huber, 1989), amilosa (Juliano, 1971), proteína (Mét. 46-11; AACC, 1976), cenizas (Mét. 08-09; AACC, 1976), fibra cruda, (Mét. 7.054; AOAC, 1984), y extracto etéreo (Mét. 7.044; AOAC, 1984).

Relación de amilosa:amilopectina en las harinas

La proporción de amilosa:amilopectina en el almidón del maíz tipo dentado, que es el que se destina comúnmente para la elaboración de tortillas, es de 25:75, en ese orden. En el presente trabajo se probaron proporciones experimentales diferentes, que fueron 15:85, 20:80, 40:60, y 50:50, expresadas en porcentaje (p/p). Como testigos se usaron las harinas sin modificar su proporción amilosa:amilopectina.

Para lograr las proporciones deseadas en cada uno de los tratamientos, sin alterar el porcentaje de almidón en las harinas, se separó el almidón de cada harina con un cernidor Planchester (modelo CH5034, Bosch, Germany) equipado con las mismas mallas usadas para medir el tamaño medio de partícula. Se analizó el contenido de proteína y almidón del material que atravesó la malla más cerrada, cuyos valores promedio fueron 2.1 % y 97 %, respectivamente. Desde el punto de vista práctico, se consideró esta fracción como almidón 100 % y se separó de la harina, restituyéndola posteriormente con almidón alto en amilopectina o en amilosa, según se requirió, con la amilopectina y amilosa de Sigma, hasta obtener las proporciones deseadas en los tratamientos.

Viscoamilogramas

Se hicieron en las harinas con las diferentes proporciones de amilosa:amilopectina, con un equipo Brabender con cabezal de 700 gr, una velocidad del vaso rotatorio de

75 rpm y una velocidad en el papel de 5 mm min⁻¹, de acuerdo con la metodología de Tippelens (1980).

Preparación de tortillas

Se mezclaron 100 g de harina con agua destilada hasta obtener una masa con una textura adecuada. Esferas de 20 g de cada masa se comprimieron con una prensa metálica hasta formar discos con un diámetro aproximado de 15 cm, que se cocieron en un comal metálico a una temperatura de 260 ± 10 °C. Se enfriaron a temperatura ambiente y se empacaron en bolsas de polietileno comercial que se sellaron con vacío parcial (Freshlock Turboseal, modelo 1630). Las tortillas se almacenaron en un refrigerador casero a una temperatura de 4 ± 1 °C.

Humedad y dureza en tortilla

La humedad se cuantificó de acuerdo con el método de la AACC (1984), en tanto que la dureza se evaluó con la metodología propuesta por Vázquez, citado por Salinas *et al.* (1995). Para ello se usó el equipo Instron Universal al que se acopló el punzón punta de estrella, colocando una tortilla entre dos placas planas de acero inoxidable perforadas en el centro; la velocidad del cabezal fue de 5 y 10 cm min⁻¹ en el graficador, con una celda de 2 kg y escalas de 1 y 2 kr, ya que con el tiempo de almacenamiento la tortilla fue endureciéndose y se requirió usar una escala más amplia. Las mediciones se hicieron por triplicado.

En el día 0 la medición se efectuó en la tortilla a temperatura ambiente. En las evaluaciones posteriores (3 y 5 días después de elaboradas), las tortillas almacenadas se calentaron envueltas en servilleta de tela, en un horno de microondas durante un minuto para suavizarlas. La dureza de la tortilla se consideró como el pico más alto de la gráfica.

Color de tortilla

Se midió con un medidor de color de reflectancia Hunter-Lab (Hunter Associates Laboratory Inc.) el cual se calibró con un mosaico blanco con valores de L=92.81, a=-0.9, b=1.2. La lectura se tomó directamente sobre la tortilla, en la cara contraria a la formación de la ampolla. Los valores se expresan en función de E= (L² + a² + b²)^{1/2}.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3x5 en el que los factores fueron tipo de harina y proporción amilosa:amilopectina. Todos los análisis

se efectuaron por duplicado o triplicado y el análisis estadístico se hizo con el paquete computacional Statistical Analysis System (SAS, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas de las harinas

Las harinas evaluadas presentaron diferencia estadística en las variables físicas evaluadas, excepto en color, que fue estadísticamente igual entre ellas. Las harinas comerciales mostraron un contenido de humedad estadísticamente igual y mayor al de la harina del híbrido H-137 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características físicas de harinas de maíz nixtamalizado (n≥2).

Harinas	C +	H	IAA	IAAs	pH	Porcentaje de harina retenida en cada malla				
						#75	8xx	10xx	11xx	Charola
HNMA	85.3a	9.1b	4.0a	150.3a	6.5c	19.4b	16.2a	15.1a	13.6a	35.5b
HNMI	85.0a	10.4a	3.9a	120.3b	7.2b	20.4a	16.1a	16.1a	9.8a	37.3b
H-137	84.7a	4.8c	3.3b	111.3c	8.4a	9.2c	14.4a	21.4a	10.3a	51.8a
DHS	0.59	0.39	0.13	3.23	0.03					

HNMA: harina marca Maseca®; HNMI: harina marca Minsa®.

+C = color (E); H = humedad (%) IAA = Índice de absorción de agua; IAAs = Índice de absorción de agua subjetivo. DHS = Diferencia honesta significativa. Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

La humedad de las harinas comerciales es semejante a los valores informados por Souci *et al.* (1989), de 8 a 14 %, y ubicadas dentro del límite máximo que la Norma Oficial Mexicana señala, que es de 11 %. La baja humedad de la harina obtenida en el laboratorio con el H-137 se atribuye a secado excesivo.

El índice de absorción de agua (IAA) no mostró diferencias significativas entre las harinas comerciales y sus valores fueron similares a los informados por Bedolla y Rooney (1984), y ambas superaron a la harina H-137 debido al proceso de elaboración usado en ésta.

La industria de harinas nixtamalizadas utiliza un secado tipo "flash" en el que la harina húmeda entra en contacto con aire caliente a contracorriente, lo que produce un secado instantáneo que favorece la expansión de la partícula, haciéndola más porosa y con mayor capacidad para absorber agua, con relación a las partículas de una masa de maíz deshidratada en una estufa de convección de aire.

En el índice de absorción de agua subjetivo (IAAs), la HNMA presentó el valor más alto, resultado que coincide con lo informado por Bedolla y Rooney (1984) quienes también encontraron el IAAs más alto en esta harina, cuando evaluaron diferentes marcas. En los valores de pH también se observaron diferencias estadísticas entre las

harinas, pero el rango observado estuvo dentro de lo informado por Gomez *et al.* (1987) para este producto.

La distribución del tamaño medio de partícula en las harinas comerciales fue similar entre ellas, excepto en el porcentaje de partículas más gruesas que corresponde al material retenido en la malla #75, en donde la harina HNMI presentó un valor más alto. La harina del H-137 fue, en promedio, más fina que las harinas comerciales.. Estos resultados podrían ser atribuidos a los molinos usados en cada caso; en las harinas nixtamalizadas se emplea un molino de martillos en tanto que en la harina H-137 se usó uno tipo ciclónico. La distribución del tamaño medio de partícula es el criterio más importante cuando se trata de definir el propósito específico de una harina. Por ejemplo, la harina que se destina a la elaboración de tortillas debe tener una proporción mayor de partículas finas que la destinada a la elaboración de tostadas (Gomez *et al.*, 1987).

Características químicas de las harinas

Esta caracterización se resume en el Cuadro 2, donde se aprecian diferencias significativas entre harinas para las variables amilosa, amilopectina, cenizas y fibra cruda. En amilosa, la harina H-137 mostró un valor mayor que el de las harinas comerciales, con el consecuente efecto sobre el contenido de amilopectina, ya que el porcentaje de esta última se obtiene de la diferencia entre el porcentaje de almidón en la muestra y el de amilosa.

Cuadro 2. Composición química de las harinas originales de maíz ($n = 3$).

Harinas	Almidón (%)	Amilopectina (%)	Amilasa (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)	Proteína (%)	Proporción de amilosa: amilopectina en el almidón de las harinas		
								Variables +	50:50	40:60
HNMA	67.9a	75.5a	24.5b	3.8a	1.32b	1.8a	0.7a	VM (UB)	16	30
	68.0a	76.1a	23.8b	4.0a	1.56a	1.6ab	0.7a	VF (UB)	70	90
	67.0a	70.7a	29.3a	4.3a	1.52a	1.5b	9.1a	TIG (°C)	82	79
DHS	1.78	4.16	4.16	0.61	0.04	0.225	0.61			

HNMA: harina marca Maseca®; HNMI: harina marca Minsa®.

Los valores están expresados en base húmeda. El valor de la proteína es nitrógeno total $\times 6.35$. Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); DHS: Diferencia honesta significativa.

El menor porcentaje de cenizas se presentó en la harina HNMA, que superó estadísticamente a los de las harinas HNMI y H-137. El contenido de cenizas en la harina nixtamalizada está relacionado con la cantidad de calcio absorbido por el grano durante la nixtamalización, valor que a su vez depende, entre otros factores, del tiempo de nixtamalización, concentración de álcali usada, tiempo de reposo y tipo de maíz. La fibra cruda fue mayor en la harina HNMA. En todos los casos, los valores de las variables evaluadas se ubican dentro de los publicados por Saldaña y Brown (1984).

Viscoamilogramas

Los tratamientos con contenido alto de amilopectina mostraron temperaturas bajas para iniciar la gelatinización (TIG) y picos altos de viscosidad máxima (VM), mientras que las de contenido alto de amilosa presentaron altas TIG y bajos picos de VM, independientemente del tipo de harina (Cuadro 3). Los tres tratamientos sin amilosa:amilopectina adicionada mostraron viscosidad máxima (VM) y TIG similares; sólo la variable VF presentó un valor más elevado en la harina HNMI.

Cuadro 3. Parámetros de los viscoamilogramas obtenidos a partir de las harinas con diferentes proporciones de amilosa: amilopectina

Harinas	Variables +	Proporción de amilosa: amilopectina en el almidón de las harinas			
		50:50	40:60	Testigos	20:80
HNMA	VM (UB)	16	30	104	279
	VF (UB)	70	90	198.8	247.5
	TIG (°C)	82	79	72	67
HNM1	VM (UB)	23	30	110	240
	VF (UB)	61.9	100	235	245.8
	TIG (°C)	79	77.5	70	68.5
H-137	VM (UB)	40	80	105	305
	VF (UB)	105	130	182	340
	TIG (°C)	71.5	68.5	71.5	65.5

HNMA: harina marca Maseca®; HNMI: harina marca Minsa®.

+ : VM = Viscosidad máxima; VF = Viscosidad final; TIG = Temperatura de inicio de gelatinización.

En los tratamientos con proporción alta de amilosa la viscosidad fue mínima. Al respecto, Boyer y Shannon (1987) señalaron que los almidones con contenido alto de amilosa poseen temperaturas de gelatinización mayores que los almidones con alto contenido de amilopectina (tipo "waxy") y normales. Por su parte, Wurzburg (1986) menciona que la amilosa posee una gran capacidad para formar puentes de hidrógeno, lo que disminuye su afinidad por el agua y hace que se requiera una cantidad alta de energía para incorporarla en su estructura. Este hecho puede ayudar a explicar los valores elevados de TIG y la viscosidad baja de los tratamientos con alta amilosa.

Los almidones con un elevado contenido de amilosa (por ejemplo, amilomaíz), difícilmente gelatinizan, por lo que es posible encontrar gránulos birrefringentes y sin gelatinizar aún después de 30 minutos de calentamiento a 95 °C (Leach *et al.*, 1959). Según Tester y Morrison (1990), el hinchamiento de los gránulos de almidón es una propiedad de la amilopectina y la amilosa actúa sólo como diluyente.

Humedad en la tortilla durante el almacenamiento

La modificación de la proporción de amilosa:amilopectina en las harinas afectó el contenido de humedad de las tortillas. En términos generales, las tortillas no almacenadas, elaboradas con las harinas de proporción alta de amilopectina presentaron contenidos de humedad numéricamente mayores que el resto de los tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la proporción de amilosa:amilopectina en la harina nixtamalizada de maíz sobre la humedad de la tortilla almacenada a $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por cinco días.

Proporción de amilosa:amilopectina en las harinas	Humedad de la tortilla (%)		Pérdida de humedad durante el almacenamiento (%)
	Día 0	Día 5	
50:50	39.8c	27.5c	30.9
40:60	41.8bc	25.9c	38.0
Testigo	42.6b	31.0b	27.2
20:80	43.3ab	40.6a	6.2
15:85	45.3 ^a	42.5a	6.2
DHS	1.45	1.79	

Valores en la misma columna seguidos por la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05); DHS: Diferencia honesta significativa.

Durante cinco días de almacenamiento en refrigeración, las tortillas con alta amilosa y el testigo perdieron entre 27 y 38 % de su humedad inicial, aún cuando se almacenaron envueltas en servilletas de tela y dentro de una bolsa de polietileno, que es como generalmente las guardan las amas de casa. Por su parte, las que contenían alta amilopectina presentaron pérdidas de humedad mínimas, que no rebasaron de 6.2 %.

Las propiedades funcionales de los productos elaborados a partir de maíz son reguladas principalmente por el almidón, a diferencia de lo que ocurre en los fabricados con cereales como el trigo, en los que las características del producto están dadas por las proteínas, principalmente (Bedolla y Rooney, 1984; Serna-Saldivar *et al.*, 1990).

El almidón, componente mayoritario en la tortilla de maíz, comienza a retrogradar tan pronto la tortilla se enfriá, después de elaborada (Gomez *et al.*, 1992). La velocidad de retrogradación de cada una de las fracciones del almidón es diferente; la amilosa retrograda más rápido que la amilopectina, ya que debido a su naturaleza lineal y altamente polar tiende a formar puentes de hidrógeno entre grupos hidroxilo de moléculas adyacentes (amilosas y amilopectinas), por lo que éstas van perdiendo su capacidad de hidratación respecto a su situación original, lo que da un encogimiento parcial del almidón que se conoce como retrogradación. De ahí que la pérdida de calidad de la tortilla en el corto plazo se deba principalmente a la amilosa.

La amilopectina, por su parte, retrograda muy lentamente (Mestres *et al.*, 1988).

Dureza de la tortilla durante el almacenamiento

En el día 0, la dureza de las tortillas preparadas con las harinas de alta proporción de amilosa fue mayor que en las elaboradas con las harinas de alta proporción de amilopectina (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la proporción de amilosa:amilopectina en la harina de maíz nixtamalizada sobre la dureza de la tortilla durante almacenamiento a $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por cinco días ($n = 3$).

Proporción de amilosa:amilopectina en las harinas	Dureza de la tortilla (%)		
	Día 0	Día 3	Día 5
50:50	0.268b	1.130b	1.308a
60:40	0.294a	1.315a	1.391a
Testigo	0.203c	0.628c	0.783b
80:20	0.206c	0.226d	0.285c
85:15	0.167d	0.177d	0.317c
DHS	0.022	0.122	0.134

Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DHS: Diferencia honesta significativa.

Después de tres días de almacenamiento en refrigeración, las tortillas con alta proporción de amilosa habían incrementado su dureza más de cuatro veces, con respecto a la observada el día de elaboración (día 0), en tanto que las de alta amilopectina la incrementaron sólo en alrededor de 9 %. Las tortillas testigo se comportaron de manera similar a las tortillas de alta amilosa, ya que aumentaron su dureza tres veces con respecto a la del día 0.

El incremento en la dureza de las tortillas con alta amilosa entre los días 3 y 5 fue de sólo 10 % en promedio, en tanto en las tortillas testigo y las elaboradas con la relación 20:80 de amilosa:amilopectina fue cercana a 25 %. Las tortillas preparadas a partir de la harina con 15:85 amilosa:amilopectina, aumentaron su dureza en 79 % durante este periodo.

Al final del almacenamiento se observaron dos grupos definidos en cada una de las tortillas; las de alta amilosa, que fueron las más duras, y las de alta amilopectina, que fueron las menos duras. Es interesante observar como el mayor incremento en la dureza de la tortilla en los tratamientos con alta amilosa ocurre en los primeros tres días de almacenamiento. Este endurecimiento se debe a la retrogradación del almidón, que en la tortilla se inicia tan pronto como ésta se enfriá, después de elaborada (Gomez *et al.*, 1992).

Si bien la amilopectina y la amilosa adicionadas a las harinas para obtener cada una de las relaciones evaluadas no estuvieron sometidas al proceso de nixtamalización,

sino solamente al cocimiento de la tortilla, que es cuando ocurre la gelatinización completa de los almidones (Gomez *et al.*, 1992), es claro que la alteración de estas fracciones en el almidón conduce a cambios en el proceso de deterioro de la calidad de este producto, que se manifiestan principalmente en una menor pérdida de humedad y consecuentemente en menor endurecimiento.

Color en tortilla

La modificación de la relación amilosa:amilopectina en el almidón de las harinas nixtamalizadas afectó el color de las tortillas (Figura 1). Las tortillas con la relación amilosa:amilopectina 50:50 preparadas con las harinas nixtamalizadas fueron más blancas que el resto de las tortillas.

Las tortillas preparadas con harinas comerciales presentaron cambios de color similar entre ellas, y diferente al observado en las obtenidas con el maíz H-137.

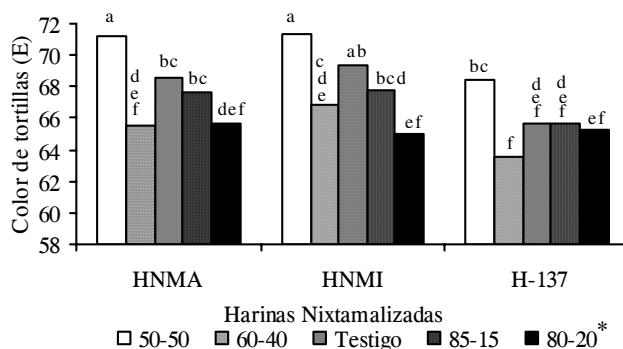


Figura 1. Color de las tortillas en el día 0, preparadas a partir de harinas de maíz con diferentes proporciones de amilosa: amilopectina. Las letras sobre las barras representan los resultados de la comparación de medias (Tukey, 0.05). *: Proporciones amilosa: amilopectina empleadas en las harinas.

CONCLUSIONES

El incremento de la proporción de amilopectina en el almidón de las harinas provocó bajos valores de la temperatura de inicio de gelatinización y altos picos de viscosidad máxima, mientras que al elevar la proporción de amilosa el efecto fue opuesto.

La modificación de la relación de amilosa:amilopectina en las harinas influyó en la dureza y color de la tortillas y en la conservación de su humedad.

Después de cinco días de almacenamiento en refrigeración, las tortillas con alta amilopectina fueron menos duras y conservaron mejor su humedad que las de alta amilosa.

BIBLIOGRAFÍA

- American Association of Cereal Chemists (AACC) (1976)** Approved Methods of the AACC. 6th Ed. St. Paul, Minnesota. USA.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1984)** Official Methods of Analysis. 12^a Ed. St Paul, Minnesota. USA.
- Anderson R A, H F Conway, V F Pfeifer, E L Jr Griffin (1969)** Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Sci. Today* 14(4):4-12.
- Bhattacharya M, S V Erazo-Castrejón, D C Doehlert, M S McMullen (2002)** Staling of bread as affected by waxy wheat flour blend. *Cereal Chem.* 79(2):178-182
- Bedolla S, L W Rooney (1984)** Characteristics of US and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World* 29(11):732-735.
- Boyer C D, J C Shannon (1987)** Carbohydrates of the kernel. In: *Corn: Chemistry and Technology*. S A Watson, P E Ramstad (eds). AACC. St. Paul, MN. USA. pp:253-272.
- Gomez M H, L W Rooney, R D Waniska, R L Plugfelder (1987)** Dry corn masa flours for tortilla and snack food. *Cereal Chem.* 32:372-377.
- Gomez M H, J F Lee, C M McDonough, R D Waniska, L W Rooney (1992)** Corn starch changes during tortilla and tortilla chip processing. *Cereal Chem.* 69(3):275-279.
- Herrera-Saldaña R, J T Huber (1989)** Influence of varying protein and starch degradability on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72(6):1477-1483.
- Hizukuri S, Y Takeda, M Yasuda (1981)** Multi-branched nature of amylose and the action of debranching enzymes. *Carbohydrate Res.* 94:205-209.
- Iturbe-Chiñas F A, L R M Aguerrebere, A López-Munguía (1996)** Shelf-life of tortilla extended with fungal amylases. *Int. J. Food Sci. Technol.* 31:505-509.
- Jane J, J Chen (1992)** Effect of amylose molecular size and branch chain length on paste properties of starch. *Cereal Chem.* 69(1):60-65.
- Juliano B O (1971)** A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16(10):334-340.
- Kasemsuwan T, J Jane (1994)** Location of amylose in normal starch granules. II. Locations of phosphodiester cross-linking revealed by phosphorus 31 nuclear magnetic resonance. *Cereal Chem.* 71:282-289.
- Leach H W, L D Mcowen, T J Schoch (1959)** Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.* 36:534-540.
- Lomelí E A (1996).** El consumidor ante la controversia sobre la tortilla. In: *La Industria de la Masa y la Tortilla*. F Torres, E Moreno, I Chong, J Quintanilla (eds). Programa Universitario de Alimentos, UNAM. México, D. F. pp:81-93.
- Mestres C, P Colonna, A Buleon (1988)** Gelation and crystallisation of maize starch after pasting, drum-drying and extrusion cooking. *J. Cereal. Sci.* 7:123-134.
- Saldaña G, H E Brown (1984)** Nutritional composition of corn and flour tortillas. *J. Food Sci.* 49:1202-1203,1205.
- Salinas M Y, J L Arellano V (1989)** Calidad nixtamalera y tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo. *Rev. Fitotec. Mex.* 12:129-135.
- Salinas M Y, J Castillo, G Vásquez (1995)** Aspectos reológicos y de textura en masa y tortilla de maíz (*Zea mays* L.). Alimentos (Rev. Soc. Chilena de Tecnología de Alimentos) 20 (3-4):51-57.
- SAS (1985).** Statistical Analysis System. User's guide. Version 5th Ed., The Institute Cary, NC.
- Serna-Saldivar S O, M H Gomez, L W Rooney (1990)** Technology, chemistry, and nutritional value of alkaline-cooked corn products. In: *Advances in Cereal Science and Technology*. Y Pomeranz (ed). AACC. St. Paul, MN. Vol. 10:243-307

- Souci S W, W Fachmann, H Kraut (1989)** Food composition and nutrition tables. 4th Ed. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. Stuttgart. 1028 p.
- Tester R F, W R Morrison (1990)** Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose and lipids. Cereal Chem. 67:551-557.
- Tipplens K A (1980)** Uses and applications. In: The Amylograph Handbook. W C Shuey, K A Tipplens (eds). AACC. St. Paul, MN. pp:12-22.
- Yau J C, R D Waniska, L W Rooney (1994)** Effects of food additives on storage stability of corn tortillas. Cereal Foods World 39(5):396-402.
- Waniska R D, R A Graybosch, J L Adams (2002)** Effect of partial waxy wheat on processing and quality of wheat flour tortillas. Cereal Chem. 79(2):210-214.
- Wurzburg O B (1986).** Modified Starches: Properties and Uses. CRC Press. Boca Ratón, FL. USA. 277 p.