

Evaluación de los cambios fisicoquímicos a diferentes tamaños de partícula de harinas de maíz nixtamalizado como función del tiempo de reposo

J. L. Fernández-Muñoz*, H. Ortiz

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Legaria 694, Col. Irrigación, México D. F., México, C. P. 11500

M. E. Rodríguez-García

Departamento de Nanotecnología, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Querétaro, Qro., México

J. D. Figueroa-Cárdenas

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Unidad Querétaro Libramiento Norponiente 2000, Fracc. Real de Juriquilla, Querétaro, México

M. Leal-Pérez

Ganaderos Asociados de Querétaro, S. A. De C. V. Carretera Libre Querétaro-Celaya, Km. 6.5, Querétaro, México

H. E. Martínez-Flores

Facultad de Químico Farmacobióloga, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Tzintzuntzan 173, Col. Matamoros, Morelia, Mich., México

(Recibido: 29 de septiembre de 2010; Aceptado: 30 de noviembre de 2010)

El objetivo de la presente investigación fue medir algunas propiedades físico-químicas de diferentes fracciones de harinas de maíz obtenidas del tamizado de harinas instantáneas de maíz nixtamalizado (HMN) preparadas variando el tiempo de reposo. Para ello, 3 Kg de maíz se cocieron en 6 L de agua a 92 °C por 40 min. Enseguida, los granos de maíz se dejaron reposar en la solución a diferentes tiempos, variando desde 0 a 24 h. Posteriormente, las muestras fueron molidas para obtener masas, las cuales fueron deshidratadas y molidas nuevamente para la obtención de las HMN. Las diferentes HMN fueron cribadas usando mallas con diferentes aberturas (mallas U.S. 30, 40, 60, 80 y 100). Las fracciones de HMN fueron analizadas en su contenido de calcio, pico máximo de viscosidad desarrollado y porcentaje de cristalinidad. Conforme se aumento el tiempo de reposo se observó un incremento no lineal en el contenido de calcio. Asimismo, en las fracciones que contenían las partículas de menor tamaño (malla 100) se observó tanto un mayor contenido de calcio como valores máximos de viscosidad. La cristalinidad de las muestras varió de 9% a 14% en función del tiempo de reposo y del contenido de calcio. Se concluye que cuando el tiempo de reposo aumento en las fracciones conteniendo partículas de menor diámetro tanto el contenido de calcio como el pico máximo de viscosidad aumentaron. Cabe mencionar que ambos parámetros son importantes para la obtención de productos de mejor calidad textural que se obtienen a partir de las harinas de maíz nixtamalizadas.

Palabras clave:

The objective of this research was to measure some physicochemical properties of different fractions obtained from nixtamalized corn flours (NCF) processed at different steeping times. For this, 3 Kg of corn grains were cooked in 6 L of water at 92 °C for 40 min. After, corn grains were steeped in the solution at different steeping times, varying from 0 to 24 h. Then, the samples were grounded to obtain the masas, that were dried and milled to obtain the HMN. The different HMN were separated into five fractions by sieving the NCF using standard sieves (30, 40, 60, 80 and 100 U.S. mesh). The HNM fractions were analyzed in their calcium concentration, maximum peak of viscosity, and crystallinity percentage. As the steeping time increased also the calcium content increased in a nonlinear way. Also, in fractions containing the smaller particle (100 U.S. particle size) was observed both higher calcium content as a maximum value of peak viscosity. The crystallinity of the samples varied from 9 to 14%, as a function of steeping time and calcium concentration. It was concluded that when steeping time increased in fractions containing the smaller particles also the calcium content and the maximum peak of viscosity also increased. It is noteworthy that both parameters are important for obtaining better textural quality in products done from nixtamalized corn flours.

Keywords:

1. Introducción

Las harinas de maíz nixtamalizado (HMN) no presentan un tamaño de partícula uniforme. Al separar las HMN en fracciones, estas pueden contener partículas de diversos tamaños y generalmente se reporta un diámetro de tamaño de las partículas (% DTP) contenidas en la HMN. Normalmente, en una HMN debe predominar un cierto tamaño de partículas que posea determinadas características físico-químicas. El estado fisicoquímico de las fracciones se considera un criterio importante para las aplicaciones de las HMN en la fabricación de tortillas o productos derivados [1]. Las tortillas mexicanas requieren una HMN que contenga %DTP finas para promover el desarrollo de una masa cohesiva y tortillas con mayor flexibilidad, mientras que las tostadas de maíz y las frituras de tortilla mexicana, requieren un %DTP gruesa que promueven una textura crujiente en las tortillas [2]. La masa no puede ser considerada como un material de composición uniforme, debido a la diferencia en las propiedades fisicoquímicas de los %DTP, más bien debe ser considerada como una mezcla heterogénea compleja de fracciones del grano de maíz [3]. Aunque las diferencias en las propiedades fisicoquímicas y funcionales atribuidas a los %DTP en la HMN han sido observadas, existe poca información sobre como tales diferencias provocan modificaciones en la textura y características del producto. Las investigaciones más recientes reportan que las HMN comerciales son una mezcla de diferentes tamaños de partículas que aportan diferente funcionalidad y que se preparan con condiciones en las que las variables del proceso se mantienen fijas con un solo tiempo de reposo (T_R) [4]. Para elaborar una HMN específica y adecuada para la producción de un alimento en particular, la HMN inicial debe separarse en fracciones mediante el cribado, para posteriormente hacer una mezcla o formulación nueva que produzca un %DTP con la funcionalidad requerida. Este cambio funcional, probablemente se relaciona con diferencias en las características intrínsecas de los polímeros que forman el almidón de estas fracciones. Entre las principales propiedades fisicoquímicas asociadas con la funcionalidad de las HMN son: %DTP, pH, la capacidad de absorción de agua y la reología de la masa [5]. El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar en las HMN, elaboradas con diferentes T_R de 0 a 24 h, el %DTP, %Ca, PV y %C.

2. Materiales y Métodos

2.1 Preparación de muestras

Las muestras de HMN utilizadas en este trabajo se prepararon de la siguiente manera: a 3 Kg. de maíz comercial blanco dentado (Región de Toluca) se le adicionaron 6 L de agua previamente calentada a temperatura de 92 °C (Relación maíz-agua de 1:2), inmediatamente después se le adicionaron 60 g de hidróxido de calcio, (reactivo en polvo, grado alimenticio, MERCK). Esta mezcla, se sometió a una fase de cocción durante 40 min. Después de la fase de cocimiento, el maíz se dejó reposar en el agua de cocción durante 24 h, tomándose muestras a diferentes periodos de tiempo: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15 y 24 h. A cada muestra, se le sometió a un proceso de drenado del licor de cocimiento (nejayote), para posteriormente llevar a cabo un lavado doble de los granos de maíz durante 2 min con agua destilada. A los granos de maíz cocidos y lavados se les conoce como nixtamal. El nixtamal fue molido en molino de piedras (FUMASA, US-25) hasta obtener fracciones de masa húmeda, la cual fue deshidratada en un secador tipo Flash y finalmente molida en un molino "Pulvex 200" con una malla de 800 μm para obtener la harina de maíz nixtamalizada (HMN).

2.2 Distribución de tamaño de partícula (DTP)

Las diferentes muestras de HMN obtenidas fueron tamizadas en un equipo Ro-TAP (RXZ9WH349) para calcular el porcentaje de tamaño de partículas (%DTP) retenidas en cada una de las mallas utilizadas, las cuales fueron de 30 (apertura de 590 μm), 40 (apertura de 420 μm), 60 (apertura de 250 μm), 80 (apertura de 177 μm) y 100 (apertura de 149 μm) U.S. El tamizado se realizó tomando muestras de 150 g, agitándolo durante 15 min para realizar la separación de las partículas. De cada malla se determinó el peso retenido de HMN y luego se calculó el porcentaje en relación al total de muestra, expresándose como el %DTP de cada una de las fracciones de la HMN.

2.3 Espectroscopía de absorción atómica

La cuantificación del porcentaje de calcio (%Ca) fue determinado de acuerdo al método AOAC 968.08 1998, a través de espectroscopia de absorción atómica (Analyst 300, Perkin Elmer). Los parámetros utilizados del espectrómetro fueron: 12 psi presión del aire seco, 70 psi presión del acetileno, lámpara con una longitud de onda de 422.7 nm y una corriente de 10 mA. Apertura de la rejilla de 0.7 nm.

2.4 Viscosidad (RVA)

Para la determinación de los perfiles de RVA, se prepararon suspensiones de cada una de las fracciones de las HMN retenidas. Para cada una de las fracciones de las HMN, se utilizaron 4 g y se les adicionaron 24 ml de agua destilada para obtener una suspensión con 14 % de humedad. Las suspensiones colocadas dentro de un recipiente de aluminio y fueron depositadas sobre la base del equipo (Rapid Visco Analyser RVA, de Newport Scientific Narabee, NSW Australia) y dar inicio al calentamiento controlado de las muestras. Durante el ciclo de calentamiento, el cual inicio con una temperatura de °C, las muestras fueron agitadas a una velocidad de 160 rpm, con una razón de calentamiento de 5.6 °C/min. Al llegar el calentamiento a los 90 °C se mantuvo así durante 5 min, y posteriormente inicio un ciclo de enfriamiento hasta llegar nuevamente a los 50 °C. De esta forma se obtuvieron los gráficos del perfil de viscosidad para cada muestra.

2.4 Difracción de rayos X

Las muestras tamizadas de las HMN fueron comprimidas y colocadas en un porta muestras, el cual fue introducido a la cámara de difracción de rayos X para su medición, ésta fue realizada desde 4° a 30°, en escala de 2 θ con pasos de 0.05°. Los difractogramas fueron realizados con radiación monocromática Cu K α (la longitud de onda $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$), en un difractómetro Siemens D5000 operando a 35 KV y 15 mA. El cálculo de los porcentajes de cristalinidad (%C) de las HMN, se realizó mediante un programa computacional integrado al sistema de medición denominado Socavin.

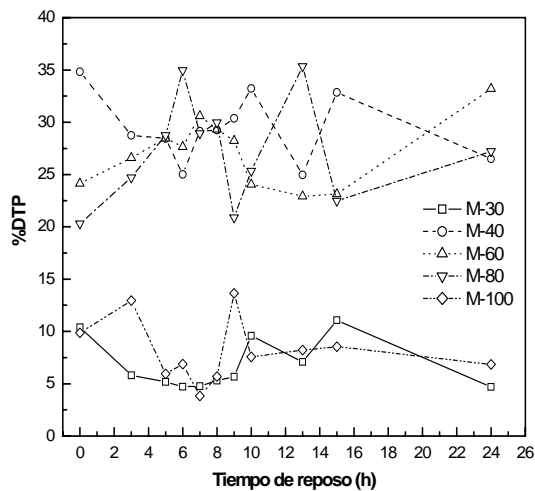


Figura 1. %DTP de HMN como una función del tiempo de reposo.

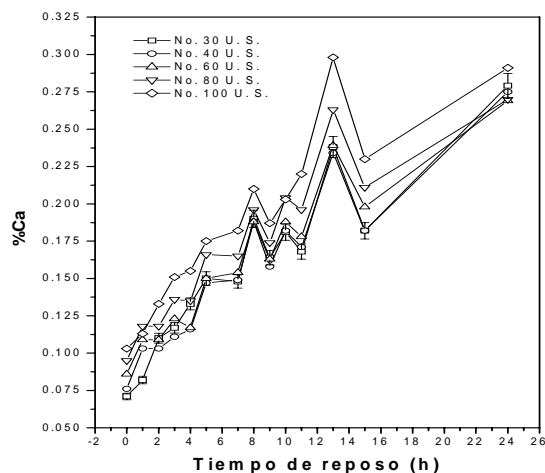


Figura 2. %Ca en los %DTP de HMN como una función del tiempo de reposo.

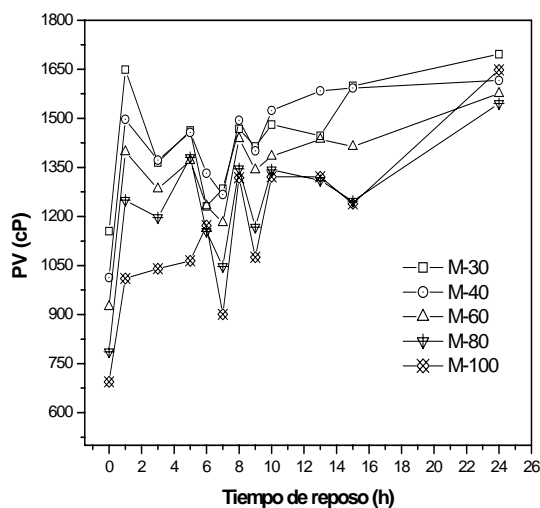


Figura 3. PV de los %DTP de HMN como una función del tiempo de reposo.

3. Resultados y Discusión

3.1 Distribución de tamaño de partículas (%DTP)

La figura 1 muestra el %DTP para cada una de las HMN en función del T_R de 0 a 24 h. De acuerdo con los resultados presentados en esta figura, es posible diferenciar dos grupos de fracciones de HNM con base en el %DTP. El primer grupo es referente a las partículas retenidas en las mallas 30 y 100, las cuales variaron entre un 4 y un 12 %; el segundo grupo de partículas retenidas en las mallas 40, 60 y 80 correspondieron de 80 a 90%. El comportamiento del %DTP de las HMN, está asociado tanto al proceso térmico alcalino como al tiempo de reposo y a la molienda, mismos que modifican los constituyentes del grano, obteniéndose mayor porcentaje de partículas en las mallas 40, 60 y 80 (grupo I) y por consiguiente, menor en las mallas 100 y 30 (grupo II).

Este comportamiento en el %DTP de las HMN puede estar relacionado con la inhibición de la gelatinización de los almidones, debido a la incorporación del calcio al grano de maíz durante el proceso de nixtamalización [6]. Probablemente el T_R promueve la agregación de los gránulos de almidón reflejándose en las fluctuaciones en ambos grupos del %DTP.

3.2 Contenido de calcio (%Ca)

La figura 2 muestra el %Ca en las diferentes fracciones de HMN retenidas en las diferentes mallas en función del T_R . Como se puede apreciar en esta figura, el %Ca en las diferentes fracciones de las HMN se incrementa como una función del tiempo de reposo, aunque no de manera lineal. Estos resultados están de acuerdo con los trabajos publicados anteriormente, donde se demostró que la incorporación del calcio al grano de maíz durante el proceso de nixtamalización sigue un proceso no lineal a medida que se incrementa el tiempo de reposo [7]. Del mismo modo en esta figura 2, se observa que las partículas con menor tamaño (malla 100) contienen mayor contenido de calcio, probablemente debido a que en dicha fracción se encuentran contenidas las capas externas del endospermo donde se localiza el almidón, y que es el sitio donde se difunde y concentra el mayor contenido de calcio durante el proceso de nixtamalización [8].

Estos resultados están de acuerdo con lo reportado por Pflugfelder [9] quien reportó que en las partículas de mayor tamaño en HMN se encuentra un menor contenido de calcio. Por lo que se puede inferir que la difusión de calcio es de forma radial al interior del grano de maíz durante el proceso de nixtamalización. Cabe mencionar que en las capas externas del grano de maíz se encuentran el endospermo corneo o vítreo que está compuesto de gránulos de almidón de menor tamaño y más duros que fácilmente se desintegran ante un proceso de molienda, y en las capas hacia el interior del grano de maíz se encuentra el endospermo harinoso que está compuesto de gránulos de almidón más grandes y que son más difíciles de reducir de tamaño ante un proceso de molienda. También, se puede apreciar un incremento significativo en el %Ca en las fracciones de HMN reposadas entre los tiempos de 4 y 5 h, mismo que está relacionada con la permeabilidad del pericarpio por los iones de calcio [7]. Asimismo, se observa que las fluctuaciones en el %Ca en las diferentes fracciones de la HMN, sometidas a tiempos de reposo mayores a 8 h, se deben a la disolución de la pared celular y parte del endospermo, facilitando la pérdida del pericarpio durante el proceso de lavado [10]. Es importante mencionar que el pericarpio es otro de los sitios en donde el calcio se adhiere en el grano de maíz [11], y al desprenderse el pericarpio durante el

lavado también se pierde una parte importante del %Ca en las muestras.

3.3 Pico de Viscosidad (PV) de las HMN

En los resultados de la Figura 3 se muestra una curva ascendente, en la que se puede observar que el PV se incremento en forma proporcional con el aumento del %Ca en las fracciones de las HMN en los diferentes T_R . En la figura 5 se observa el %C relativa medida en las diferentes fracciones de HMN, procesadas a diferentes T_R . El tamaño de partícula con diferentes %Ca produjo fluctuaciones en el %C. Para las muestras con $T_R=0$ h donde el %Ca fue menor, de manera general, se observa que hay una tendencia a disminuir la disminuye la cristalinidad de todas las muestras; el %C en todas las muestras varió en el intervalo del 9 al 14 %. Las muestras con un T_R de 8 y 9 h, fueron las que presentaron fluctuaciones en menor grado, mismas que están entre 10.5 y 11.5% de %C. La muestra con 8 h de T_R también tuvo altos valores de PV y una menor fluctuación en su %Ca; para las demás fracciones, el comportamiento del %C fue bastante similar. Datos de Bryant et al (1997) indican que al agregar una concentración de 0.2% de hidróxido de calcio, se incrementa la cristalinidad en los almidones [9]. Entonces es importante mencionar que el aumento o disminución de la cristalinidad en las fracciones de las HNM pudo verse afectado o favorecido en función tanto del TR como del contenido de calcio.

3.4 Cristalinidad de las HMN

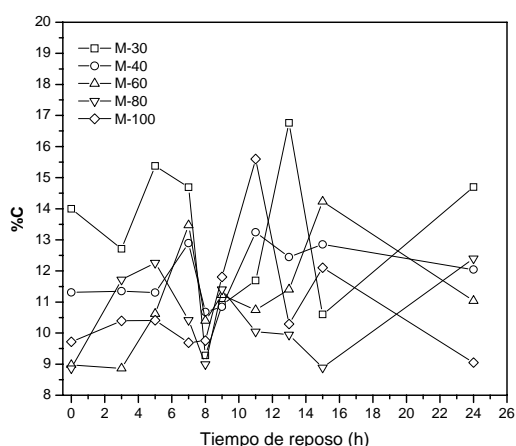


Figura 4. Exhibe el %C de los %DTP de las HMN como una función del tiempo de reposo.

4 Conclusiones

De manera general se observó que las partículas más pequeñas contienen mayor %Ca para los diferentes T_R , se puede suponer que son fragmentos de las partes externas del grano de maíz donde se difunde mayor cantidad de calcio, como es el pericarpio o cascarilla, y las partes externas del endospermo. Las fracciones de HMN más homogénea fueron aquellas que contenían valores de %DTP, %Ca, PV y %C muy similares (fracciones retenidas en las mallas 40, 60 y 80). El incremento del %Ca y del PV en las HMN aumentaron a medida que disminuyó el tamaño de partícula, por lo que puede suponerse que el calcio inhibió el proceso de gelatinización durante el proceso de nixtamalización, promoviendo las agregaciones y posibles enlaces crosslinking lo que incrementan la viscosidad de las fracciones de HNM.

Agradecimientos

A la SIP-IPN apoyando parcialmente esta investigación.

Referencias

- [1]. M. H. Gomez, R. D. Waniska, L. W. Rooney, Cereal Chem. **68**, 578 (1991).
- [2]. E. Montemayor, and M. Rubio, (Abstr.) Cereal Foods World **28**, 577 (1983).
- [3]. R. L. Pflugfelder, L. W. Rooney, and R. D. Waniska, Cereal Chem. **65**, 262 (1988).
- [4]. D. Sahai, M. O. Buendía, and D. S. Jackson, Cereal Chem. **78**, 14 (2001).
- [5]. O. N. Campus Baypoli, E. C. Rosas Burgos, P. I. Torres Chavez, B. Ramírez Wong, S. O. Serna Saldivar, Stach/starke. **51**, 173 (1999).
- [6]. Brayon C. M., Hamaker, B. R., Cereal Chem. **74**, 171 (1997).
- [7]. Fernández-Muñoz J. L., San Martín-Martínez E., Díaz-Gongora J. A. I., Alvarado-Escobar A., Ortiz-Cardenas H., Leal-Perez M. J. Food Eng. **76**, 568 (2006).
- [8]. R. González, E. Reguera, L. Mendoza, J. Figueroa, F. Sánchez, J. of Agriculture. Food Chem. **52**, 36 (2004).
- [9]. R. L. Pflugfelder, Cereal Foods World **32**, 372 (1987).
- [10]. H. M. Gomez, C. M. McDonough, L. W. Rooney, and R. D. Waniska, J. Foods Science, **54** (1989).
- [11]. E. Reguera, H. Yee-Madeira, J. Fernandez-Beltran, F. Sanchez-Sinencio. In: Topic in Contemporary Physics (edited by H. Heras and R.V. Jimenez, Mexico 2000).