

Evaluación de las Distribuciones de Tamaño de Partícula de Harina de Maíz Nixtamalizado por medio de RVA

J. L. Fernández-Muñoz*, E. San Martín-Martínez, J. A. I. Díaz-Góngora, A. Calderón, H. Ortiz

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria del

Instituto Politécnico Nacional

Legaria 694, Col. Irrigación, México D. F., México, C. P. 11500, México

(Recibido: 1 de julio de 2008; Aceptado: 16 de agosto de 2008)

Se elaboraron harinas de maíz nixtamalizado (HMN), utilizando el proceso tradicional de nixtamalización, con diferente tiempo de reposo que vario de 0 a 13h, evaluando en las harinas totales el porcentaje de distribución de tamaño de partícula (DTP) retenida entre las mallas 30, 40, 60, 80 y 100. En las diferentes fracciones de DTP, se cuantificó el contenido de calcio, pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final o retrogradación. Observando que los porcentajes de DTP de las harinas de maíz nixtamalizado dependen del tiempo de reposo. Las fracciones de harina retenidas por las mallas 30, 40 y 60 de HMN con un tiempo de reposo de 0 y 1h no logran desarrollar los tres puntos característicos del perfil de RVA como son pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final o retrogradación, mientras que las fracciones retenidas en las mallas 60, 80 y 100 con tiempo de reposo de 3, 5, y 7h, si presentan los tres puntos característicos del perfil de RVA antes mencionado. Finalmente las fracciones de DTP retenidas en el conjunto de mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con tiempo de reposo de 8, 10 y 13h reproducen los tres puntos característicos de un RVA. La HMN recomendable para la elaboración de tortillas es aquella en la que las DTP desarrollan los tres puntos característicos de un perfil de RVA. El contenido de calcio incorporado durante el proceso de nixtamalización vario de 710 a 2980 mg/kg en las DTP con el tiempo de reposo de 0 a 13h.

Palabras Clave: Harina de maíz; RVA; Distribución de tamaño de partícula; Contenido de calcio

Nixtamalized corn flour (NCF) was produced using the traditional nixtamalization process and different steeping times from 0 to 13 h, and the flour particle size distribution (PSD) was then evaluated in terms of the particles retained by 30, 40, 60, 80 and 100 U.S. mesh screens. The calcium content, maximum peak viscosity, breakdown and final viscosity were measured for the different PSD fractions. It was found that the PSD percentage depends on the steeping time. The NCF particles retained by 80 and 100 U.S. mesh that were left to steep for 0 and 1h had the three points characteristic of an RVA profile, i.e., maximum peak viscosity, breakdown and final viscosity, and the fractions retained by 60, 80 U.S. mesh and 100 with steeping times of 3, 4 and 7 h also develop these same three points of the RVA profile. This was also the case for the PSD fractions retained by 30, 40, 60, 80 and 100 U.S. meshes with steeping times of 8, 10 and 13 h. The NCF that is recommended for making tortillas is precisely the flour whose particle size distributions develop these three characteristic points of the RVA profile. Calcium content ranged from 710 to 2930 mg/kg in the PSDs with steeping times of 0 to 13 h.

Keyword: Corn flour; RVA; Particle size distribution; Calcium

1. Introducción

El estado fisicoquímico de las diferentes fracciones de harinas de maíz nixtamalizado (HMN) en cuanto al tamaño de partícula (DTP) se considera como un criterio de las tostadas de maíz y las frituras de tortilla requieren una harina de maíz nixtamalizado con altos porcentajes de DTP gruesa para que promueva una textura crujiente [3]. Las partículas finas de HMN desarrollan los tres puntos característicos del perfil de RVA como son el pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final [4]. La masa no puede ser considerada una composición uniforme debido a la diferencia de propiedades fisicoquímicas en la distribución de tamaño de partícula, más bien debe ser considerada como una mezcla heterogénea de fracciones, cuyas reacciones e interacciones determinan el comportamiento de la masa durante el tiempo cocción y de reposo [5]. La DTP obtenida por un proceso de tamizado de harinas comerciales observaron diferencias en la

importante para la aplicación en la fabricación de tortillas o sus productos derivados [1, 2]. Las tortillas mexicanas para su elaboración requieren una harina de maíz que contenga DTP fina para que estimule un mayor desarrollo de flexibilidad y cohesión, mientras que para la elaboración funcionalidad, en los perfiles de RVA, cristalinidad, y solubilidad [2]. Aunque las diferencias en las propiedades fisicoquímicas y funcionales atribuidas a la DTP en la harina han sido observadas, existe poca información sobre como tales diferencias provocan modificaciones en las características de textura. Más recientemente las investigaciones, reportaron que las HMN comerciales son una mezcla de diversos tamaños de partículas que desarrollan diferentes propiedades funcionales durante el tratamiento térmico alcalino y tiempo de reposo [4]. Para producir una harina recomendable para una aplicación específica en un alimento, la harina es separada mediante el cribado en sus diferentes tamaños de partícula, y luego se hace una mezcla de algunas DTP para que tenga cierta

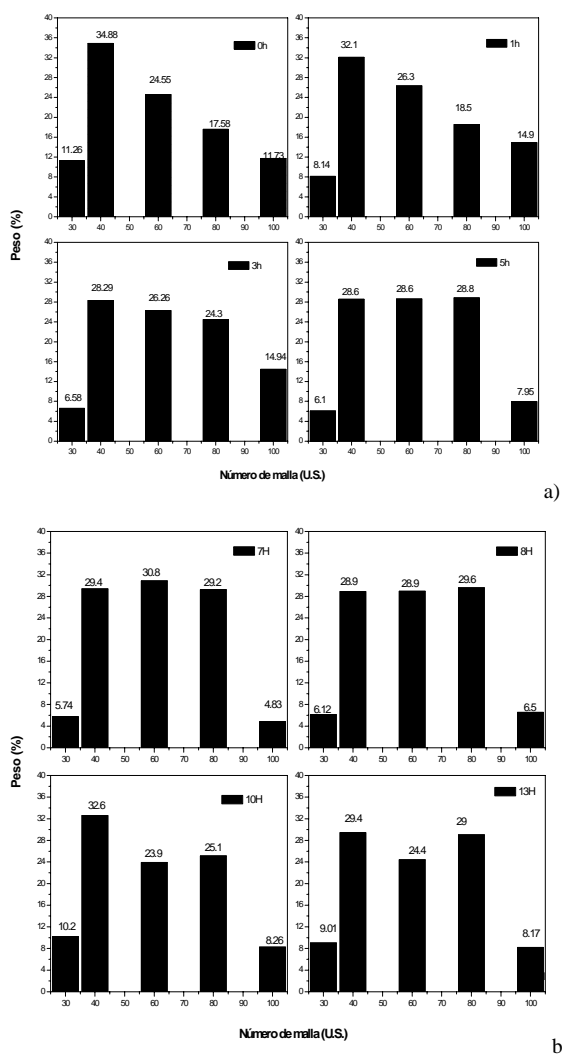


Figura 1. a) y b) Muestran las distribuciones de tamaño de partículas retenidas en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 de HMN con tiempo de reposo de 0, 1, 3, 5, 7, 8, 10 y 13 horas.

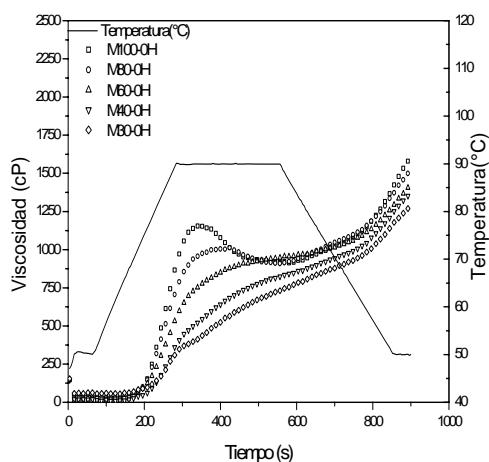


Figura 2. Muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 0h de reposo durante el proceso de nixtamalización.

aplicación, esto depende de la funcionalidad deseada. Este cambio funcional, probablemente se relaciona con

diferencias en las características intrínsecas de los polímeros que forman el almidón de estas fracciones. Los cambios fisicoquímicos y reológicos de HMN en función del tiempo de reposo de 0 hasta 24 horas fueron estudiados por Fernández-Muñoz, et al [6]. Encontrando que a medida que se incrementa el tiempo de reposo existen variaciones en el contenido de calcio, viscosidad máxima, fluctuaciones en la cristalinidad y los valores de pH de harina de maíz nixtamalizado. Entre las principales propiedades fisicoquímicas asociadas con la funcionalidad de las HMN están: distribución del tamaño de partícula, pH, capacidad de absorción de agua y la reología de las masas [7, 8]. Recientemente se publicó un trabajo para la industria harinera [4], donde se demostró que el pico máximo de viscosidad se incrementa a medida que disminuye el tamaño de partícula de las HMN. El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar en la DTP de HMN el porcentaje de DTP retenido, contenido de calcio y desarrollo de viscosidad en función del tiempo de reposo.

2. Parte Experimental

2.1. Preparación de muestras

Las muestras de HMN se elaboraron de la siguiente manera: a 1kg de maíz comercial blanco dentado se le adicionaron 2lt de agua previamente calentada a una temperatura de 92°C (una relación de 1:2, maíz agua), e inmediatamente después se añadieron 60g de hidróxido de calcio, (reactivo en polvo, grado alimenticio, MERCK) dando inicio al proceso de cocimiento. Este proceso tuvo una duración de 40 minutos, posteriormente el maíz fue reposado en el agua de cocción durante 0, 1, 3, 5, 7, 8, 10, y 13 h. A cada muestra le fue drenado el licor de cocimiento (nejayote), lavando el nixtamal dos veces con agua durante 2 minutos para eliminar el exceso de calcio y materia soluble, prontamente el nixtamal fue transformado en masa mediante su molienda en un molino de piedras (Maquinaria Ortiz, D.F. México), luego la masa fue deshidratada en un secador tipo Flash. Por último se aplicó una segunda molienda seca a la masa ya deshidratada en un molino (Raymond, USA) con la finalidad de obtener la granulometría adecuada.

2.2. Distribución de tamaño de partícula

La DTP de cada una de las HMN fue obtenida mediante el uso de un equipo Ro-TAP WS Tyler U.S.A con un conjunto de mallas 30, 40, 60, 80 y 100 U. S. El tamizado se realizó tomando 150g de muestra y agitando durante 15 minutos para realizar la separación. Por cada malla se determinó el peso retenido de harina y luego se calculó el porcentaje en relación al peso total de la muestra.

2.3. Espectroscopia de absorción atómica

La cuantificación del contenido de calcio fue establecida de acuerdo al método AOAC 968.08 1998 [9], a través de

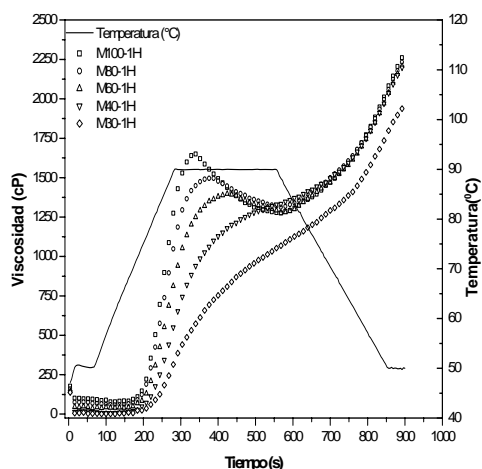


Figura 3. Muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 1h de reposo durante el proceso de nixtamalización.

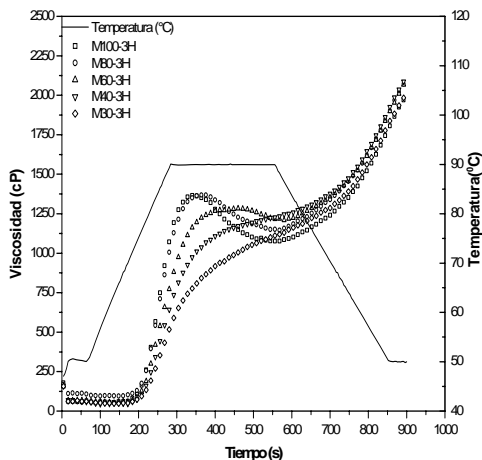


Figura 4. Muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 3h de reposo durante el proceso de nixtamalización.

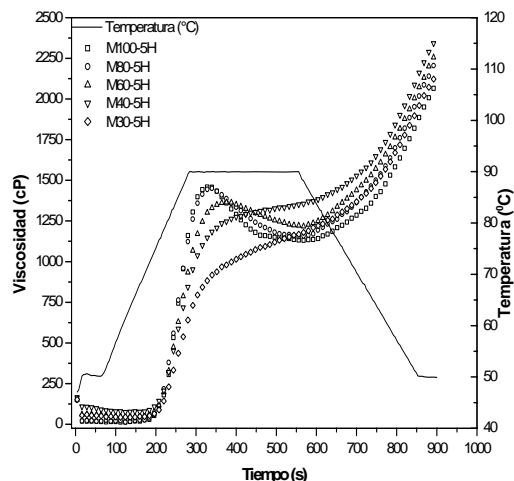


Figura 5. Muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 5h de reposo durante el proceso de nixtamalización.

espectroscopia de absorción atómica (3300, Perkin Elmer) Los parámetros utilizados del espectrómetro fueron los siguientes: 12psi presión del aire seco, 70psi presión del acetileno, lámpara con una longitud de onda de 422.76nm con una corriente de 10mA y una apertura de la rejilla de 0.7nm [5,10].

2.4. Viscosidad

Para determinar la viscosidad se prepararon suspensiones de harina de maíz instantáneas elaboradas a diferente tiempo de reposo. Para cada una de las muestras se utilizaron 4g de harina con 14% de humedad y 24ml de agua destilada. La viscosidad se estableció empleando un equipo Rapid Visco Analyser RVA modelo 4C, Newport Scientific Narabee, (NSW) Australia, girando a una velocidad de 160rpm, con una tasa de calentamiento de 5.6°C/min., manteniendo esta tasa durante todo el ciclo de medición. Los gráficos de viscosidad se obtuvieron con ascensos de temperatura de la suspensión de 50°C hasta 90°C durante 5 minutos, al alcanzar esta última temperatura la muestra fue conservada durante otros 5 minutos, luego se sometió a un ciclo de descenso de temperatura de 90°C a 50°C durante otros 5 minutos, con la misma velocidad utilizada para el ascenso. Cada perfil de RVA tuvo una duración de 15 minutos para su caracterización [5].

3. Resultados y Discusión

Las figuras 1A y 1B muestran las DTP retenidas en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 de HMN con tiempo de reposo de 0, 1, 3, 5, 7, 8, 10 y 13 h. Cada valor corresponde a un promedio de 3 mediciones, y podemos observar que existe una variación en los porcentajes DTP retenidos en cada una de las mallas al cambiar el tiempo de reposo durante el proceso de nixtamalización, ya que todas las muestras se elaboraron con el mismo proceso de nixtamalización, molienda húmeda, deshidratado y molienda seca. Observando que la distribución de las partículas para tiempo de reposo de 0 y 1h tienen una retención mayor en la malla 40 (35 a 32%) comparado con las otras mallas es decir que son harinas mas gruesas. Para tiempo de reposo mayor como 3h cambia el comportamiento incrementándose la retención en las mallas de 60, 80 y 100 mesh. El comportamiento de la DTP para 5h, 7h y 8h fue muy similar en estas harinas, es decir que por lo general en las mallas 40, 60 y 80 tienen similar porcentaje de retención que varía entre 28 y 30% de retención. Cuando el tiempo e reposo es de 10 y 13h vuelve a disminuir los porcentajes de retención de harina en las mallas 60, 80 e incrementándose la retención en la malla 40. Los porcentajes de retención en las mallas 30 y 100 en todos los tiempos de reposo no tienen mayor variación en la retención de harina manteniéndose en los niveles menores.

La figura 2 muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 0h de reposo durante el proceso de nixtamalización. Podemos

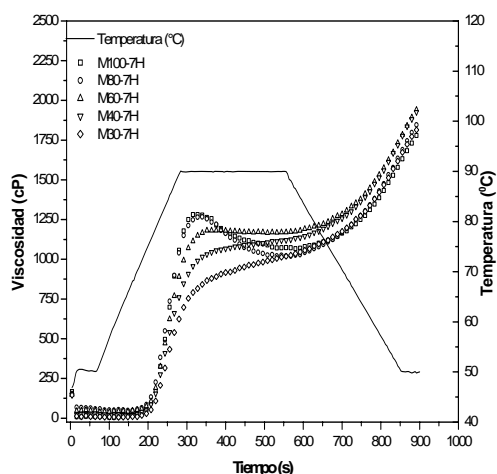


Figura 6. Muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 7h de reposo durante el proceso de nixtamalización.

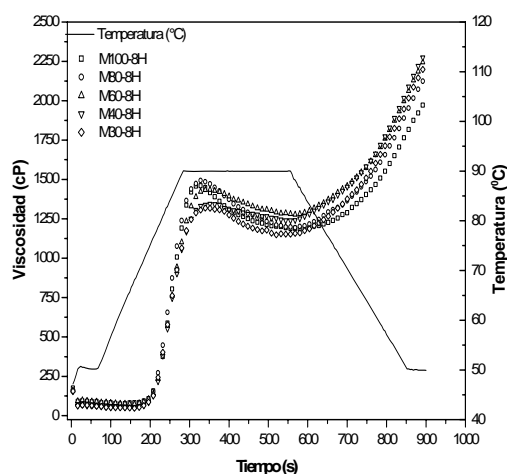


Figura 7. Muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 8h de reposo durante el proceso de nixtamalización.

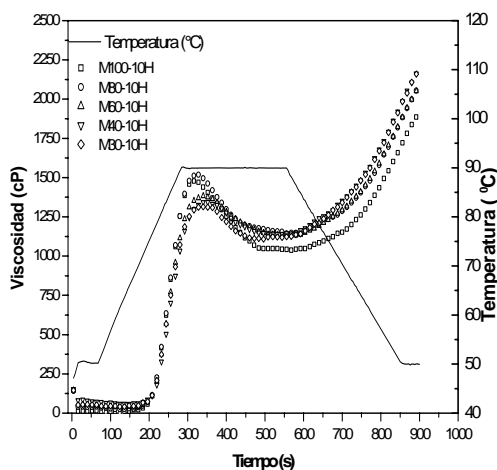


Figura 8. Muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 10h de reposo durante el proceso de nixtamalización.

notar que la forma de los perfiles de RVA correspondientes a las fracciones retenidas en las mallas 60, 80 y 100 desarrollan el pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final o retrogradación. En cambio los perfiles de RVA correspondientes a las fracciones retenidas en las mallas 30 y 40 solamente desarrollan retrogradación. También podemos apreciar que los valores del pico máximo de viscosidad a 90°C desarrollado por la fracción retenida en la malla 80 es 1013cP a 442s y en la malla 100 es 1155cP a 360s. La DTP porcentual de tamaño de partícula de la harina total, indica que el 70.69% corresponde a las mallas 30, 40, y 60 y un 29.31% retenido en las mallas 80 y 100. Por lo que se podrá considerar que el 26.22% es recomendable para la elaboración de tortillas ya que los perfiles de viscosidad observados son semejantes a los reportados para maíz nixtamalizado por el proceso tradicional y el 72.78% probablemente serviría para la elaboración de frituras [11]. En esta figura es importante resaltar que la velocidad de gelatinización de la fracción de la malla 100 es mayor comparada con la velocidad de gelatinización de la malla 80. El contenido de calcio de las distribuciones que desarrollan un RVA con los tres picos característicos (pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final) es de 740mg/kg para la malla 80 y 870mg/kg para la malla 100 como se puede observar en la Tabla 1. La figura 3 muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 1h de reposo durante el proceso de nixtamalización. Podemos notar que la forma de los perfiles de RVA correspondientes a las fracciones retenidas en las mallas 60, 80 y 100 desarrollan el pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final o retrogradación. En cambio los perfiles de RVA correspondientes a las fracciones retenidas en las mallas 30 y 40 solamente desarrollan retrogradación.

También podemos apreciar que el valor del pico máximo de viscosidad a 90°C desarrollado por la fracción retenida en la malla 60 es 1398cP a 424s, en la malla 80 es 1497cP a 348s y para la malla 100 es 1155cP a 360s. La DTP de la harina total, indica que el 40.24% corresponde a las mallas 30 y 40, y un 59.7% retenido en las mallas 60, 80 y 100. Por lo que se podrá considerar que el 59.7% es recomendable para la elaboración de tortillas ya que los perfiles de viscosidad observados son semejantes a los reportados para maíz nixtamalizado por el proceso tradicional y el 40.24% probablemente serviría para la elaboración de frituras [11]. En esta figura es importante resaltar que la velocidad de gelatinización de la fracción de la malla 100 es mayor comparada con la velocidad de gelatinización de las mallas 60 y 80. El contenido de calcio de las distribuciones que desarrollan un RVA con los tres picos característicos (pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final) incrementa debido al mayor tiempo de reposo como se indica en la Tabla 1. La figura 4, 5 y 6 muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con tiempo de reposo de 3h, 5h y 7h durante el proceso de nixtamalización, estos perfiles de viscosidad son muy

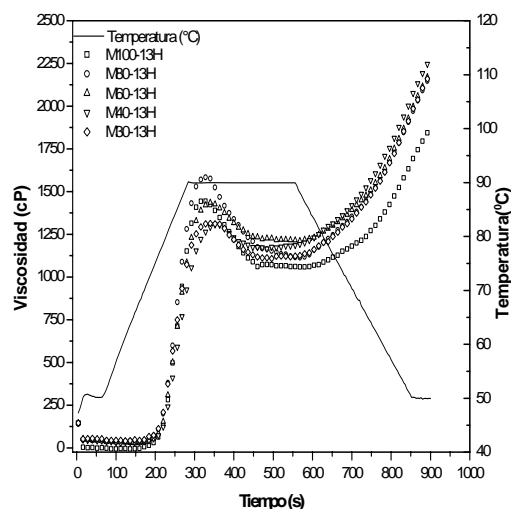


Figura 9. Muestra los perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 13h de reposo durante el proceso de nixtamalización.

similares en cuanto comportamiento por lo que se evaluarán en conjunto. Podemos notar que la forma de los perfiles de RVA correspondientes a las fracciones retenidas en las mallas 60, 80 y 100 desarrollan el pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final o retrogradación. En cambio los perfiles de RVA correspondientes a las fracciones retenidas en las mallas 30 y 40 solamente desarrollan retrogradación.

También podemos apreciar que el valor del pico máximo de viscosidad a 90°C desarrollado por estas harinas con los tiempos de reposo (de 3 a 7h) para la fracción retenida en la malla 60 se encuentran en un intervalo de 1284cP a 1370cP (392s a 464s, tiempo que alcanza esa viscosidad), para la malla 80 tiene un intervalo de 1372cP a 1457cP (332s a 372s) y finalmente para la malla 100 se tiene un intervalo de 1366cP a 1457cP (332s a 340s) de viscosidad. La DTP de la harina total para los tiempos de reposo de 3,

5 y 7h, indica que entre el 34.7 a 34.84% corresponde a las mallas 30, 40 y un 65.16% retenido en las mallas 60, 80 y 100. Por lo que se podrá considerar que el 65.16% es recomendable para la elaboración de tortillas ya que los perfiles de viscosidad observados son semejantes a los reportados para maíz nixtamalizado por el proceso tradicional y el 34.84% probablemente serviría para la elaboración de frituras [11]. En esta figura es importante resaltar que la velocidad de gelatinización de la fracción de las mallas 80 y 100 es mayor comparada con la velocidad de gelatinización de las mallas 60. El contenido de calcio de las distribuciones que desarrollan un RVA con los tres picos característicos (pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final) se incrementa conforme aumenta el tiempo de reposo, es decir que los mayores valores de contenido de calcio fueron observados a 7h compara con los de 3h de reposo como lo indica la tabla 1.

Las figuras 7, 8 y 9 muestran perfiles de RVA de las fracciones de HMN retenido en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 con 8h, 10h y 13h de reposo durante el proceso de nixtamalización. Podemos notar que la forma de los perfiles de RVA de estas harinas también es similar, teniendo pequeñas diferencias, por lo que se evaluarán en conjunto.

Los perfiles de viscosidad correspondientes a las fracciones retenidas en las mallas 30, 40, 60, 80 y 100 desarrollan el pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final o retrogradación en un intervalo de 1285cP a 1460cP (324s a 394s) para todas las fracciones retenidas en las diferentes mallas, es de destacar como se observa en las figuras no se tienen grandes diferencias en la velocidad de gelatinización de estas fracciones es decir todas tienen la viscosidad máxima a 90°C a similar tiempo para los diferentes tiempos de reposo. La distribución porcentual de tamaño de partícula de la harina total, indica que el 30.14% corresponde a las mallas 30, 40, U. S y un 64.83% retenido en las mallas 60, 80 y 100 para un tiempo de 8h. Por lo que se podrá considerar que el 64.83% es recomendable para la elaboración de tortillas ya que los perfiles de viscosidad

Tabla 1. Concentración de Calcio

Tiempo de reposo	Mesh 30	Mesh 40	Mesh 60	Mesh 80	Mesh 100
	Calcio (mg/Kg)	Calcio (mg/Kg)	Calcio (mg/Kg)	Calcio (mg/Kg)	Calcio (mg/Kg)
0	710	760	860	950	1030
1	820	1030	1090	1180	1130
3	1170	1110	1230	1360	1510
5	1500	1470	1500	1660	1750
7	1480	1490	1540	1650	1820
8	1900	1880	1880	1960	2100
10	1810	1820	1880	2040	2030
13	2380	2340	2390	2630	2980

observados son semejantes a los reportados para maíz nixtamalizado por el proceso tradicional [11].

Sin embargo cuando se tiene 10h y 13h de reposo, la distribución porcentual de tamaño de partícula de la harina total, indica que el 100% corresponde a las mallas 30, 40, 60, 80 y 100. Por lo que se podrá considerar que el 100% es recomendable para la elaboración de tortillas ya que los perfiles de viscosidad observados son semejantes a los reportados para maíz nixtamalizado por el proceso tradicional [11].

En estas figuras 7, 8 y 9 es importante resaltar que la velocidad de gelatinización de la fracción de las mallas 80 y 100 es ligeramente mayor comparada con la velocidad de gelatinización de la malla 60. El contenido de calcio de las distribuciones que desarrollan un RVA con los tres picos característicos como observado en la Tabla 1 (pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final) es de 1540mg/kg para la malla 60, 1650mg/kg para la malla 80 y 1820mg/Kg. para la malla 100. Es decir que conforme se aumente el tiempo de reposo se incrementa de forma proporcional el contenido de calcio, además las fracciones más pequeñas de la harina HMN son las que retienen mayor contenido de calcio.

Dentro de esta figura 8, es importante resaltar que la velocidad de gelatinización de la fracción de las mallas 60, 80 y 100 es mayor comparada con la velocidad de gelatinización de las mallas 30, 40. Entonces el tiempo de reposo óptimo en el licor de cocimiento del maíz cocido durante el proceso de nixtamalización es a partir de 8h. El contenido de calcio de las distribuciones que desarrollan un RVA con los tres picos característicos (pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final) es de 1810mg/kg para la malla 30, 1810mg/kg para la malla 40, 1880mg/kg para la malla 60, 2040mg/kg para la malla 80 y 2030mg/kg para la malla 100 como indicado en la Tabla 1.

4. Conclusiones

A través de estos resultados se concluye que el tamaño de partículas en las harinas de maíz nixtamalizado es un factor importante en las propiedades reológicas de las tortillas a ser elaborada. Para la obtener tamaños de partículas que tengan propiedades reológicas similares es necesario controlar el tiempo de reposo. En este estudio se observó

que el tiempo de reposo mayor de 8h las harinas de HMN desarrollan los tres puntos característicos de una RVA como son pico máximo de viscosidad, breakdown y viscosidad final o retrogradación. El porcentaje de harinas de maíz nixtamalizado es influenciado por el incremento del tiempo de reposo obteniéndose nuevamente que a mayor de 8h todas las fracciones puedan ser utilizadas para la elaboración de tortillas. El contenido de calcio se incrementa conforme aumenta el tiempo de reposo obteniéndose las mayores concentraciones para las partículas de menor tamaño, desarrollando mayor pico de viscosidad máxima comparado con las de mayor tamaño.

Agradecimientos

Al apoyo de la Secretaria de Investigación del IPN.

Referencias

- [1] Bedolla, S., Rooney, L. W., Cereal Foods World. **29**, 732 (1984).
- [2] Gomez, M. H., Waniska, R. D., Rooney, L. W., Cereal Chemistry. **68**, 578 (1991).
- [3] Montemayor, E., Rubio, M. Cereal Foods World **28**, 577 (1983).
- [4] Sahai, D., Buendía, M. O., Jackson, D. S., Cereal Chemistry. **78**, 14 (2001).
- [5] Cortés G. A., E. San Martín-Martínez, Martínez-Bustos F., and Vázquez C. M. G. J. Food Engineering. **66**: 273 (2005).
- [6] Fernández-Muñoz, J. L., Rodríguez, M. E., Pless, R. C., Martínez-Florez H. E., Leal, M., Baños, L., Cereal Chemistry. **79**, 162 (2002).
- [7] Figueroa, J. D., C. J. Gonzalez Hernandez, G. Arambula Villa, M. Morales Sanches, Avance y Perspectiva. **16**, 363 (1987).
- [8] Campus Baypoli, O. N., Rosas Burgos, E. C., Torres Chavez, P. I., Ramírez Wong B., Serna Saldivar S. O., Stach/starke. **51**, 173 (1999).
- [9] A.O.A.C. 1998. Official Methods of Analysis. 16th edition, Official Method 968.08. Ed. by the Association of Official Analytical Chemists, Maryland, U.S.A.
- [10] Fernández-Muñoz, J. L., Rojas-Molina I., González-Dávalos, M. L., Leal, M. Valtierra, M. E., San Martín-Martínez, E., Rodríguez, M. E. **81**, 65 (2004).
- [11] San Martín-Martínez, E., Jaime-Fonseca, M. R., Martínez-Bustos, F., Martínez-Montes, J. L. Cereal Chemistry. **80**, 13 (2003).