

Producción de polvo rico en fibra dietética por tratamiento ácido (Lintnerización) a partir de harina de plátano verde

Aguirre-Cruz, A.^{1,2}, Álvarez-Castillo, A.¹ and Bello-Pérez, L.A.², Castrejon-Rosales, T.¹

1. Instituto Tecnológico de Zacatepec. División de Estudios de Postgrado e Investigación- Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Calzada Tecnológico Número 27, Zacatepec, Morelos, México. C.P. 62780. Phone: 0173431394 Ext. 267 y 268.
2. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN. Km 8.5 carr. Yauatepec-Jojutla, Col. San Isidro, C.P. 62731 Yauatepec, Morelos, México. Fax: + 52 735 3 94 18 96.
e-mail autor principal: aaguirrec@ipn.mx

1. Resumen

El tratamiento ácido en la harina de plátano, se realizó con la finalidad de obtener un producto rico en fibra dietética, utilizando la metodología de superficie de respuestas, en donde las variables independientes fueron: temperatura, tiempo y concentración de ácido, con un total de 20 experimentos y la respuesta fue el contenido de fibra dietética total (FDT). HPC mostro un contenido de FDT de 17% y un contenido de almidón total (AT) DE 73%. El modelo de regresión de superficie de respuesta para los resultados experimentales de FDT mostro un buen coeficiente de determinación (94%). El máximo contenido de FDT que predice el modelo fue de 61% bajo las siguientes condiciones de operación: 38 °C, 11 días y 1.6 M de concentración de ácido. Durante la validación del modelo para contenido de FDT, el modelo pudo predecir el resultado experimental con un 99.5% de confiabilidad. El análisis térmico de la HPM mostro una alta estabilidad térmica, comparada con HPC. El índice de absorción de agua (IAA) fue bajo, pero el índice de solubilidad en agua fue más alto que la HPC. La HPM puede ser utilizada para la elaboración de productos rico en fibra, lo cual es importante para el desarrollo de alimentos y productos funcionales.

2. Introducción

Los plátanos son cultivados extensivamente en regiones tropicales y subtropicales, y representan una fuente muy importante de alimentación. El plátano es un fruto climatérico y en México es consumido como fruto en estado maduro. Por esta razón existen muchas pérdidas durante el proceso de comercialización, debido al deficiente manejo post cosecha. Hoy en día se han considerado nuevas estrategias de comercialización para el uso del plátano, como la producción de harinas de plátano (HP) en estado verde. El almidón es el principal

componente de este fruto en estado verde y este tiene una característica peculiar, ser resistente a la digestión [1, 2]. Hoy en día, se desarrollan y usan ingredientes funcionales, los cuales son explotados ampliamente en la industria de alimentos, principalmente los que contienen un alto nivel de fibra. Recientemente, se ha reportado que la fibra dietética (FD) es un grupo muy interesante de sustancias nutritivas y actualmente, un asunto de gran importancia para nuevas investigaciones científicas [3]. La tecnología para almidones lintnerizados puede ser aplicada en almidones aislados de plátanos verdes para producir almidón resistente (AR) [4]. De este modo, es posible aumentar la estructura cristalina de almidón y por consiguiente hacerlo resistente a la hidrólisis enzimática de las enzimas digestivas del ser humano. Esto es posible mediante un procedimiento simple para modificar el almidón presente en la HP inmaduro y al mismo tiempo incrementar su resistencia enzimática y contenido de FD. El objetivo de este trabajo fue obtener un polvo rico en FD, mediante tratamiento ácido de HP utilizando la metodología de superficie respuesta y evaluar algunas de sus características fisicoquímicas y funcionales.

3. Materiales y métodos

3.1. Preparación de la harina de plátano

La variedad de plátano empleada como materia prima fue *Musa paradisiaca*, conocida comúnmente como plátano macho. El plátano en estado verde fue comprado en la central de abastos de Cuautla Morelos, México. Los plátanos fueron lavados y secados cuidadosamente. Después fueron cortados en rebanadas (aproximadamente 1 cm de grosor) y sumergidos en una solución de ácido cítrico (0.5 g/L). Posteriormente secadas a 50 °C por tres días en un horno. Por ultimo las muestras fueron molidas para la obtención de la harina de plátano (HP).

3.2. Modificación química de la harina de plátano (Lintnerización)

Se pesaron 100 gr de HP en un matraz de 1000 Lt y se añadieron 400 ml de HCl a diferentes concentraciones (0.6, 1, 1.6, 2.2 y 2.6 M). La solución se dejó reaccionar a diferentes tiempos (1, 5, 10.5, 16 y 20 días) y temperaturas (30, 33, 37.5, 42 y 45 °C), con agitación continua (200 rpm). Se neutralizó la reacción con NaOH. Posteriormente se realizaron lavados con agua destilada utilizando. El residuo fue secado, molido y tamizado, para obtener la harina de plátano modificada (HPM).

3.3. Caracterización de la la harina de plátano modificada

- a) **Almidón total (AT).** El contenido de almidón total se determinó por el método de Goñi et al. (1997).
- b) **Fibra dietética total (FDT).** El contenido de FDT se determinó por el método 32.05 de la AACC (2000).
- c) **Análisis térmico.** Las propiedades térmicas de HPC y HPM fueron estudiadas usando un calorímetro (DSC, TA Instruments, modelo 2010, New Castle, USA). La temperatura de y entalpia de transición fue evaluada por el método de Paredes-Lopez et al. 1994.
- d) **Índice de absorción de agua (IAA) y Índice de solubilidad en agua (ISA).** El índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA) fue medido por el método modificado de Anderson, Conway, Pfeifer, & Griffin (1969).

3.4. Análisis estadístico de los resultados experimentales

Los datos experimentales fueron analizados por superficie de respuesta usando un software de análisis estadístico JMP, versión 4.04 (SAS Institute Inc., 2000). El diseño experimental fue central compuesto rotacional ($\eta=20$, $\kappa=3$ y $\alpha=1.68$), con 6 repeticiones en su punto central. La variable de respuesta fue la concentración de FDT. Para validar los modelos empíricos se realizaron experimentos en las condiciones de operación que el modelo indicó como óptimos para incrementar el contenido de FD y se corroboró en el laboratorio el contenido de FDT, de esta manera se confirmó que los resultados (experimentos realizados por quintuplicado) coincidieran con los que predichos por el modelo.

4. Resultados y discusiones

4.1. Almidón total (AT) y fibra dietética total (FDT)

El contenido de AT en la harina de plátano control (HPC) fue de 73 %, este valor es similar al reportado [5] en HP de la misma variedad, sin embargo al evaluar el contenido AT de la HPM con mejor resultado de FDT, el contenido de AT disminuyó (33%), esto puede ser debido a que parte de esta fracción fue resistente al ataque enzimático por lo cual no fue cuantificado como almidón [4]. El contenido de FDT en HPC fue de 17.14 % valor mayor al reportado (14.52 y 10.4 %) por [5, 6]. Estas diferencias pueden ser posiblemente atribuidas al estado de maduración del fruto, características agronómicas y variedad utilizada para la fabricación de la HP.

4.2. Modificación química de la harina de plátano

La modificación incremento el contenido de FDT desde un valor de 17.14 % hasta un 60% [9]. Esto puede ser debido al efecto del tratamiento ácido el cual es selectivo atacando primero las regiones amorfas del gránulo de almidón, produciendo con esto un material más rico en amilopectina cristalina [7], tal como fue demostrado en un estudio en almidones de plátano lintnerizados [4], encontrando que los cristales de almidón modificado son resistentes a la hidrólisis enzimática y el residuo es cuantificado como FDT. El modelo de regresión de superficie de respuesta, ajustado de los datos experimentales de FDT mostro un coeficiente de determinación de 94 % y la ecuación es la siguiente:

$$TDF = - 486.37 + 22.68T + 7.51t + 112.97C - 0.31T^2 - 0.33t^2 - 36.09C^2$$

Donde T = temperatura; t = tiempo; C = concentración de ácido utilizado. El modelo predice un máximo de fibra dietética de 61 % bajo las siguientes condiciones T = 38 °C, t = 11 días y C = 1.6 M.

4.3. Análisis térmico

La temperatura de gelatinización (T_g) para la HPM fue 80.47 °C mayor comparada con la de HPC el cual fue de 72.49 °C. Esto se debe a que el almidón sometido a (lintnerización), ocasionó el rompimiento de sus cadenas y como consecuencia el número de interacciones entre sus componentes (amilosa y amilopectina) es mayor, formando cristales más perfectos [8]. Como consecuencia los cristales del almidón sometidos a tratamiento ácido, gelatinizan a una alta temperatura y su rango de transición es más amplio.

4.4. Capacidad de retención de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA)

La HPM mostro valores bajos de IAA en comparación con HPC en el rango de temperaturas analizadas (50, 75 y 90 °C). Esto puede ser atribuido a que después del tratamiento ácido la muestra tiene mayor cristalinidad y las interacciones entre las cadenas (amilosa y amilopectina), pueden estar formando una estructura más organizada (cristales). Provocando una disminución de los enlaces por puente de hidrogeno entre las moléculas de agua y los grupos hidroxilos de los residuos de glucosa [4]. El porcentaje de solubilidad más alto se observo en la HPM, esto se debe a que el proceso de hidrólisis facilita la solubilización [8] de los componentes del almidón (amilosa y amilopectina), por lo cual los porcentajes de solubilidad en HPM fueron mayores que la HPC. Con respecto la ΔH se observo el mismo

comportamiento que en la Tg, la HPM mostró el valor más alto que la HPC (6.49 y 30.31 J/g, respectivamente). Esto puede ser debido a que los cristales de almidón formados en la HPM pudieran tener un mayor orden que los de HPC, por lo cual se necesite mayor energía para desorganizar dicha estructura.

5. Conclusiones

La temperatura, tiempo y concentración de ácido afectaron la formación de FDT durante el tratamiento ácido. El modelo obtenido predice el contenido de FDT en la HP después de la modificación ácida, con una exactitud del 99.5% y puede ser considerado como adecuado para estudiar la tendencia de dicha respuesta. La HPM mostro una alta temperatura y entalpia de transición comparada con la HPC. La HPM tuvo un ISA menor, pero un ISA mayor comparada con HPC. Este patrón es atribuido a la alta cristalinidad producida durante el tratamiento ácido. La HPM puede ser usada en alimentos (productos ricos en fibra) y aplicaciones médicas debido al gran contenido de FD.

6. Bibliografía

- 1 Faisant, N., Gallant, D. J., Bouchet, B., & Champ, M. (1995a). Banana starch breakdown in the human small intestine studied by electron microscopy. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49, 98-104.
- 2 Faisant, N., Buléon, A., Colonna, P., Molis, C., Lartigue, S., Galmiche, J. P., & Champ, M. (1995b). Digestion of raw banana starch in the small intestine of healthy humans: structural features of resistant starch. *British Journal of Nutrition*, 73, 111–123.
- 3 Gordon, D. T., (2007). Dietary fiber definitions at risk. *Cereal Foods World*, 52, 112-123.
- 4 Aparicio-Saguilán, A., Flores-Huicochea, E., Tovar J., García-Suárez, F., Gutiérrez-Meraz., & Bello-Pérez. (2005). Resistant starch-rich powders prepared by autoclaving of native and lintnerized banana starch: partial characterization. *Starch/Stärke*, 57, 405-412.
- 5 Juarez-garcia, E., Agama-Acevedo, E., Sáyago-Ayerdi, S.G., Rodríguez-Ambriz, S. L., Bello-Pérez, L. A. (2006). Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61, 131-137.
- 6 Rodríguez-Ambriz, S. L., Islas-Hernandez, J. J., Agama-Acevedo, E., Tovar, J. & Bello-Perez, L.A. (2007). Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of banana flour. *Food Chemistry*, Submitted for publication.
- 7 Murphy, P. (2000). Starch, in *Handbook of Hydrocolloids* (Eds. G. O. Philips, P. A. Williams) CRC Press, Boca Raton, FL, 41–65.
- 8 Robin et al. 1974; Jane et al. 1997
- 9 Aguirre-Cruz, A., Alvarez-Castillo, A and Bello-Pérez, L.A. ' "Production of fiber-rich powder by acid treatment of unripe banana flour" ', sometido a *Journal of Applied Polymer Science*