Revista Ciencia Innovación y Tecnología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria Juan de Castellanos. ISSN en línea: 2422-0264. Vol. 5. Año 2021

EFECTO DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE HARINA DE TRIGO EN PASTAS DE CEMENTO

Buitrago Muñoz, Yudy Alejandra [1]

[1] Programa de Ingeniería Civil, Grupo de investigación Ciencia, Innovación y Tecnología (CIyT), Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria Juan de Castellanos. yabuitrago@jdc.edu.co

Resumen

En el presente estudio se realizaron mezclas de pastas de cemento con adición de almidón de trigo. Primero, se extrajo el almidón en forma de polvo fino, de la harina de trigo. Luego, se determinaron algunas propiedades en el almidón obtenido, tales como textura, color y tamaño de partícula. Seguidamente, se caracterizaron las pastas de cemento con y sin adición de almidón. Para ello, se realizaron los ensayos de consistencia normal y tiempo de fraguado utilizando como guía la normativa internacional. Se utilizaron porcentajes de adición del almidón en la mezcla del 1 %, 3 %, 5 % y 10 %, más la muestra patrón. Se encontró que, a medida que la cantidad de almidón aumenta, la cantidad de agua requerida también. Lo anterior indica que el tiempo de fraguado aumentó, dando como indicio que el almidón podría ser utilizado como un retardante en la mezcla.

Palabras clave: almidón, pasta de cemento, trigo.

Abstract

In the present study, mixtures of cement pastes with the addition of wheat starch were made. First, the starch was extracted from the wheat flour in the form of a fine powder. Then, some properties were determined in the starch, such as texture, color and particle size. After, the cement pastes were characterized with and without the addition of starch. For the above, tests of normal consistency and setting time were carried out using international standards as a guide. Starch addition percentages were used in the mixture of 1 %, 3 %, 5 % and 10 %, apart for the standard sample. It was found that, as the amount of starch increases, the amount of water required increases. This indicate that the setting time increased, giving as an indication that starch could be used as a retardant in the mixture.

Keywords: cement paste, starch, wheat.

INTRODUCCIÓN

El almidón constituye la mayor fuente de energía en el mundo. Proviene frecuentemente de fuentes agrícolas como el maíz, la yuca, el trigo, el arroz, la papa, entre otros. El almidón es una macromolécula compuesta por dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina. La amilosa, en general, tiene una distribución lineal con grandes cadenas; mientras que la amilopectina es ramificada y tiene comparativamente cadenas cortas (Bertoft, 2017). El contenido de amilosa y amilopectina, en el almidón, varía dependiendo del origen del mismo. De manera más específica, los cereales contienen entre el 20 % y el 35 % de amilosa y entre

el 65 % y el 80 % de amilopectina; mientras que los tubérculos contienen entre el 18 % y el 25 % de amilosa y entre el 75 % y 82 % de amilopectina (Schmiele *et al*., 2019).

La cantidad de estas dos moléculas en el almidón determinará el comportamiento del mismo, y las aplicaciones en las cuales podrá ser utilizado. Asimismo, el almidón se almacena en gránulos, cuyos tamaños van de 1 a 100 micrómetros (Chen *et al*., 2019). Los gránulos de almidón son el resultado de un arreglo de sus componentes, estos pueden presentar diferentes formas geométricas (redonda, irregular, ovalada, poligonal, geométrica simple, entre otras). Dependiendo del origen del almidón, se han logrado establecer diferentes tamaños y formas de grano que se pueden caracterizar mediante herramientas analíticas. La microscopía electrónica de barrido (SEM) es una técnica que ha permitido observar la estructura granular de diferentes tipos de almidón (Schirmer *et al*., 2013). La morfología y el tamaño de grano de los almidones dependerá del proceso de extracción y obtención.

Sin embargo, independientemente de la fuente del almidón, la estructura interna es la misma para todos. Esto puede verificarse mediante un microscopio óptico, ya que, al polarizarse con la luz, el almidón muestra una cruz de Malta, que se extiende desde el origen del gránulo. Otro factor a considerar es la distribución del tamaño de grano en el almidón. Los tipos de distribución que se presentan en los diferentes almidones son el unimodal, bimodal y el trimodal. También los gránulos de almidón pueden ser cristalinos o semicristalinos, es decir, tienen una parte cristalina y otra parte amorfa. Este patrón de birrefrigencia demuestra que gran parte de las moléculas están organizadas de manera radial, lo que indica un alto grado de orden dentro de los granos (Bertoft, 2017).

El trigo es uno de los productos más cultivados, consumidos y comercializados debido a su adaptabilidad, facilidad de almacenamiento y valor nutricional. Se utiliza principalmente para consumo humano (67 %), para la alimentación animal (20 %), como semillas (7 %) y en la industria (6 %). *Triticum aestivum* es la especie más popular de trigo, representando entre un 90 % y un 95 % de la producción total. Otra especie, *Triticum durum*, es utilizada para fabricación de productos de pasta (Shevkani *et al*., 2016). El almidón constituye el principal componente del trigo, y sus propiedades fisicoquímicas y funcionales están intrínsecamente relacionadas con su estructura molecular. Su obtención se realiza mediante la separación física de los constituyentes no amiláceos.

El grano de almidón de trigo posee diferentes tamaños y morfologías. Los gránulos de trigo muestran una distribución trimodal, es decir, se pueden encontrar granos grandes, intermedios y pequeños. También, los granos del almidón tienen una estructura semicristalina. El almidón de trigo posee dos morfologías distintas, lenticular y esférica. El tamaño del grano lenticular oscila entre 15 y 40 micrómetros; mientras que, el grano esférico tiene un tamaño que varía entre 2 y 11 micrómetros (Schmiele *et al*., 2019; Shevkani *et al*., 2016). El almidón de trigo, en condiciones normales, posee un contenido de amilosa del 25 % y un 75 % de amilopectina. Sin embargo, dependiendo del tipo de trigo, el porcentaje de amilosa varía entre 18 % a 36.9 %, mientras que el porcentaje de amilopectina varía entre 63.1 % y 82 % (Shevkani *et al*., 2016).

El almidón se utiliza para fines industriales: como aditivo en el cemento para mejorar el tiempo de curado, para aumentar la viscosidad en los lodos de perforación en los pozos de petróleo, para sellar poros de las paredes, en la fabricación de papel, en los enlucidos de yeso y otros procesos. Los almidones tienen un gran potencial como sustitutos de materiales poliméricos sintéticos. El almidón posee diferentes propiedades, pero puede causar problemas debido a la heterogeneidad del producto; como solución de este inconveniente, los almidones nativos se pueden modificar química, física y tecnológicamente. Es muy utilizado principalmente como alimento, pero muy poco estudiado para procesos en ingeniería, tales como el reforzamiento estructural, como aglutinante para tabiques de concreto, adhesivo para madera laminada o procesos internos del concreto (Salleh y Haat, 2014; Yildrim y Seckin, 2014).

Akindahunsi y Uzoegbo (2014) utilizaron el almidón de maíz como material de reparación del concreto. Se realizaron tres mezclas de concreto (0 %, 2.5 % y 5 % de adición de almidón) en cubos de 100 x 100 x 100 mm. Los resultados mostraron que la adición de almidón en porcentajes de 2.5 % y 5 % incrementó tanto el asentamiento como la resistencia a la compresión del concreto. De igual manera, las muestras de 2.5 % y 5 % de almidón son menos porosas en comparación con la probeta de concreto patrón (Akindahunsi y Uzoegbo, 2014).

Por otro lado, Akindahunsi *et al*. (2013) elaboraron cubos de concreto, de 100 x 100 x 100 mm, con adición de almidón de maíz y yuca en concentraciones de 0 %, 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % y 2 %. Se encontró que la resistencia a la compresión, a edades tempranas, aumentó. Este tipo de concreto podría ser utilizado para reparaciones en el concreto o en la construcción de pavimento. Se observó que una adición del 1 % mejora la resistencia a la compresión, mientras que una adición del 2 % disminuye la contracción de las probetas (Akindahunsi *et al*., 2013).

Los trabajos realizados con mezclas cementicias se han centrado principalmente en almidones diferentes al almidón de trigo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la adición de almidón de trigo en pastas de cemento. Para tal fin, se midieron algunas propiedades en la mezcla modificada para compararla con una muestra patrón. Se elaboraron cinco mezclas diferentes, con adiciones de 1 %, 3 %, 5 % y 10 % de almidón de trigo en la pasta de cemento. Las pruebas realizadas fueron el ensayo de consistencia normal, conforme a la norma internacional ASTM C187-16, y el ensayo de tiempo de fraguado, siguiendo la norma internacional ASTM C191-19.

METODOLOGÍA

El almidón utilizado fue extraído de harina de trigo originaria de Boyacá. El proceso de extracción seguido fue el siguiente (Jiménez-Hernández *et al*., 2011):

- Se utilizó una relación harina de trigo/agua de 1:2. Se mezcló una proporción de harina por dos de agua destilada, medidas en volumen. Para ello, se emplearon 250

ml de harina (figura 1) y 500 ml de agua. Además, se pesó la harina para conocer su masa inicial.

Figura 1.
Harina de trigo

- Se licuaron los ingredientes durante un minuto a máxima velocidad en una licuadora de uso doméstico marca Premier.
- La mezcla resultante se filtró a través de 250 micras. Las partículas más gruesas que quedaron retenidas fueron descartadas, mientras que las partículas que pasaron por el tamiz se dejaron precipitar entre 20 a 30 minutos.
- La muestra que quedó después del tiempo de precipitación se volvió a licuar durante un minuto adicional.
- Una vez terminado este paso, la mezcla se volvió a pasar por el filtro de 250 micras y se dejó precipitar durante 20 a 30 minutos.
- Se retiró el agua con una jeringa de 50 ml, teniendo cuidado de no extraer el almidón junto con ella. Este proceso de adición y retiro de agua se repitió hasta obtener un líquido traslúcido.
- Una vez finalizado este procedimiento, se dejó secar el almidón por 24 horas en un horno eléctrico a una temperatura aproximada de 48 °C.
- Para poder agregar el almidón al cemento, fue necesario reducir su tamaño de grano. Para tal fin, se utilizó un mortero cerámico (Figura 2).

Figura 2.
Almidón extraído

Luego de que el tamaño de grano del almidón fuera reducido, se pasó por el tamiz de 250 micras (malla número 60) para alcanzar la granulometría del cemento. Se observó que el almidón, en forma de polvo fino, tiene un color blanco y un olor neutro. Este se agregó a pastas de cemento en diferentes proporciones para estudiar su comportamiento. Se realizaron los ensayos de consistencia normal y tiempo de fraguado en mezclas con adición de almidón del 0 %, 1 %, 3 %, 5 % y 10 %. Para el ensayo de consistencia normal, se tomó como guía la norma ASTM C187-16. El objetivo de este ensayo fue determinar la cantidad de agua necesaria para la muestra. Se mezclaron 650 gramos de cemento con una cantidad determinada de agua destilada y almidón. A esta pasta se le midió la penetración utilizando el aparato de Vicat. El valor de esta penetración debe estar entre 9 y 11 milímetros para que cumpla con la norma correspondiente (ASTM International, 2016).

Para determinar el tiempo de fraguado en la mezcla, se siguió el mismo procedimiento que en el ensayo de consistencia normal, con la diferencia de que se utilizaron 500 gramos de cemento. El objetivo de este ensayo es determinar el tiempo en el que la mezcla se endurece, mediante una aguja y el aparato de Vicat. El tiempo inicial de fraguado debe estar en el rango de 49 a 202 minutos, mientras que el tiempo final de fraguado debe estar en el rango de 185 a 312 minutos (ASTM International, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Extracción del almidón

El método utilizado para extraer el almidón de la harina de trigo tuvo un rendimiento del 60 %, muy cercano al intervalo reportado con otros cereales, que varía entre el 63,1 % y el 75,6 % (Jiménez-Hernández *et al*., 2011). Además, al momento de realizar el secado, se debe tener en cuenta la temperatura dentro del horno, ya que cuando se seca el almidón extraído a temperaturas mayores de 80 °C, se cristaliza, ocasionando la pérdida de sus propiedades. Cabe resaltar que el proceso de extracción del almidón es extenso, dura aproximadamente entre 4 y 6 horas, ya que el almidón se debe dejar precipitar entre 5 a 8 veces para que el agua, en donde se lava, quede traslúcida.

2. Pastas de cemento modificadas

El cemento utilizado fue de la marca Argos tipo I de uso general. La densidad del cemento, determinada en el laboratorio, fue de 2.9 g/cm^3, valor que se encuentra dentro del rango establecido por la norma, la cual debe estar entre 2.9 y 3.15 g/cm^3 (ASTM International, 2017). La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en el ensayo de consistencia normal en las pastas de cemento modificadas. Se observa que, a medida que el porcentaje de almidón aumenta en la mezcla, la cantidad de agua también aumenta. Esto debido a que, los gránulos de almidón se ubican alrededor del gel producido por la hidratación de los compuestos propios del cemento, controlando la cantidad de agua que se va difundiendo en la mezcla. Cabe aclarar que el aumento en la cantidad de agua no se debe a que el almidón se hinche, ya que la mezcla se realizó a temperatura ambiente y el almidón se gelatiniza a temperaturas mayores a 50 °C (Shevkani *et al*., 2016). La figura 3 muestra el aparato de Vicat midiendo la penetración de la pasta de cemento.

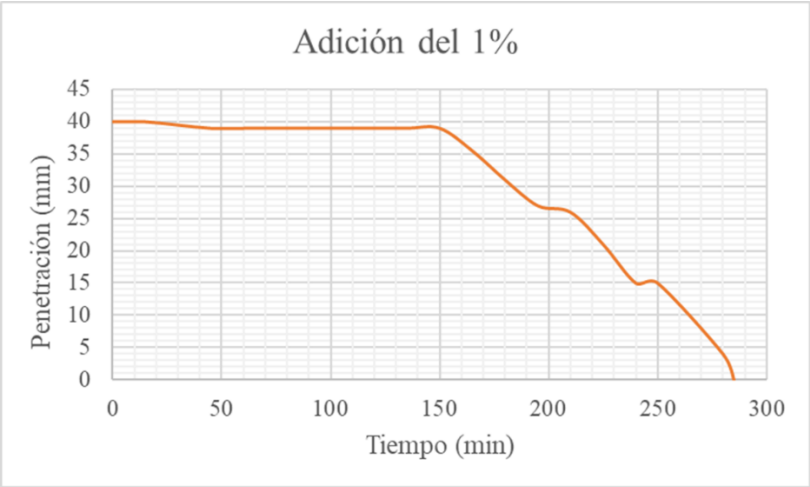
Tabla 1.
Resultados obtenidos para el ensayo de consistencia normal.

Porcentaje de almidón	***Masa del cemento (g)***	***Masa del almidón (g)***	***Cantidad de agua (ml)***	***Penetración (mm)***
0 %	650	0	185	10
1 %		6.5	197	10
3 %		19.5	204	9.2
5 %		32.5	205	11
10 %		65	225	10

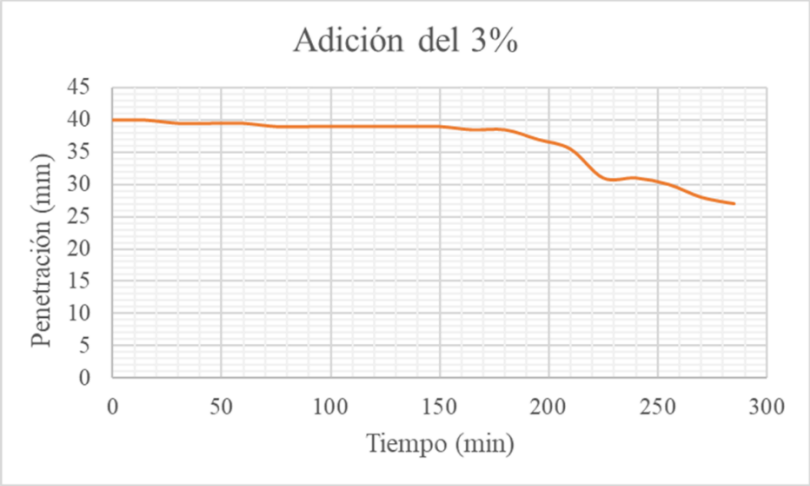
Figura 3.
Medición de la penetración en pastas de cemento.

Después de realizar el ensayo de consistencia normal, se procedió a medir el tiempo de fraguado en las pastas de cemento con adición de almidón. La figura 4 muestra el número de lecturas realizadas, el tiempo y la penetración obtenida para cada lectura, para mezclas con adición de 1 % y 3 %. Se observa que la mezcla con una adición del 1 % cumple con la norma internacional (ASTM International, 2019). Sin embargo, la mezcla con adición del 3 % superó el tiempo de fraguado establecido en la norma. Este comportamiento se debe a que la cantidad de almidón en la muestra aumentó de 6.5 gramos a 19.5 gramos. En consecuencia, se puede afirmar que, a mayor cantidad de almidón, la cantidad de agua también aumenta. Esto ocurre porque el almidón rodea el gel hidratado e impide la difusión del agua internamente. El tiempo inicial de fraguado fue de 213 minutos.

Figura 4.
Tiempo de fraguado para adiciones de almidón del 1 % y del 3 %.



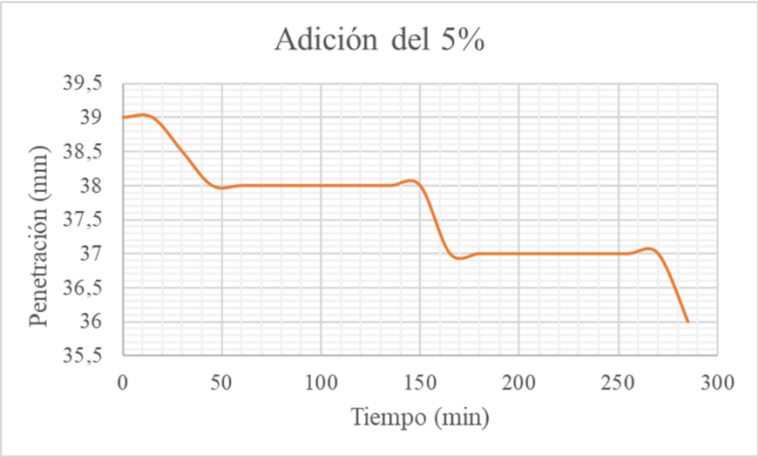
a)



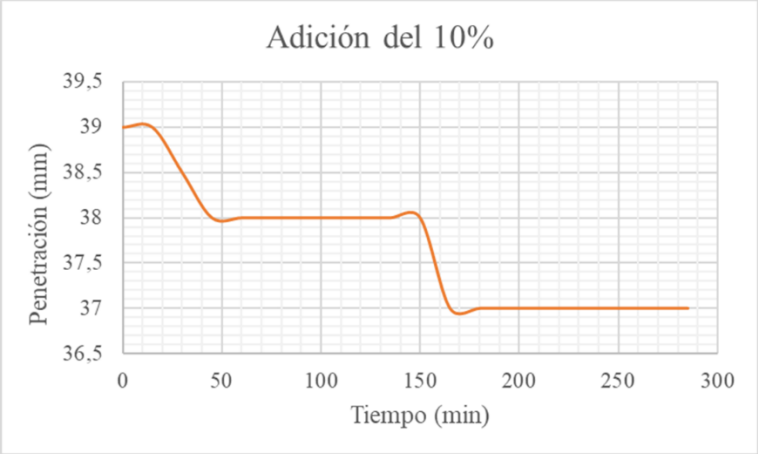
b)

La figura 5 muestra el número de lecturas realizadas, el tiempo y la penetración obtenida para cada lectura, en mezclas con adición de 5 % y 10 %. Se observa que, a medida que la cantidad de almidón aumenta, la penetración en la muestra no tiene una variación rápida. Al igual que en la mezcla con 3 % de almidón, no se cumplió con el tiempo de fraguado establecido en la normatividad. Además de identificó la aparición de pequeños puntos blancos dentro de la muestra.

Figura 5.
Tiempo de fraguado para adiciones de almidón del 5 % al 10 %.



a)



b)

En la figura 6 se puede apreciar que el almidón sirvió para ocupar algunos de los espacios vacíos que aparecen a la hora de mezclar. Es importante resaltar que el almidón no se gelatinizó, ya que la mezcla se realizó a una temperatura ambiente (25 °C).

Figura 6.
Pasta de cemento con 10 % de adición de almidón de trigo.

CONCLUSIONES

Se encontró que, a medida que la cantidad de almidón aumentó en la mezcla, esta requirió mayor cantidad de agua. Este efecto no se debe a que el almidón se hinche por la acción del agua y ocupe los espacios vacíos presentes en la mezcla, ya que el agua utilizada estaba a temperatura ambiente. Lo anterior probablemente ocurre porque, al formarse el gel cementante, los granos de almidón crean una capa alrededor de dicho gel que impide el flujo de agua dentro de la muestra. Esto genera una difusión lenta, lo que incrementa la demanda de agua en la mezcla. De manera similar, la lenta difusión del agua prolonga el tiempo de fraguado, lo que sugiere que el almidón de trigo podría emplearse como un agente retardante en mezclas cementicias. No obstante, se recomienda profundizar en los efectos que produce el almidón cuando se mezcla con el cemento, con el fin de comprender mejor su comportamiento y sus posibles aplicaciones.

REFERENCIAS

Akindahunsi, A. A., y Uzoegbo, H. C. (2014). Use of starch modified concrete as a repair material. En *Proceedings of the 3rd International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting*.

Akindahunsi, A., Schmidt, W. e Iyuke, S. E. (2013). The Influence of Starches on some Properties of Concrete. En *Advances in cement and concrete technology in Africa*.

ASTM International. (2016). *ASTM C187-16 Standard test method for amount of water required for normal consistency of hydraulic cement paste*. West Conshohocken, PA. https://doi.org/10.1520/C0187-16

ASTM International. (2017). *ASTM C188-17 Standard test method for density of hydraulic cement*. West Conshohocken, PA. https://doi.org/10.1520/C0188-17

ASTM International. (2019). *ASTM C191-19 Standard test methods for time of setting of hydraulic cement by Vicar Needle.* West Conshohocken, PA. https://doi.org/10.1520/C0191-19

Bertoft, E. (2017). Understanding Starch Structure : Recent Progress. *Agronomy*, *7*(56), 29. https://doi.org/10.3390/agronomy7030056

Chen, J., Chen, L., Xie, F. y Li, X. (2019). Starch. En *Drug Delivery Applications of Starch*

Biopolymer Derivatives (pp. 29-40). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3657-7

Jiménez-Hernández, J., Vivar Vera, M. de los Á., y García Suárez, F. J. (2011). Extraction and characterization of starch from Enterolobium cyclocarpum seeds. *CyTA - Journal of Food*, *9*(2), 89-95. https://doi.org/10.1080/19476331003743626

Salleh, N. M. Z. N., y Haat, M. H. Ch. (2014). Audit Committee and Earnings Management: Pre and Post MCCG. *International Review of Management and Bussines Research*, *3*(1), 307-318.

Schirmer, M., Höchstötter, A., Jekle, M., Arendt, E., y Becker, T. (2013). Food Hydrocolloids Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose / amylopectin ratio. *Food Hydrocolloids*, *32*(1), 52-63. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.11.032

Schmiele, M., Sampaio, UM, y Clerici, MTPS (2019). Principios básicos: Composición y propiedades del almidón. En *Almidones para aplicación alimentaria* (pp. 1-22). Prensa académica.

Shevkani, K., Singh, N., Bajaj, R. y Kaur, A. (2016). Producción, estructura, funcionalidad y aplicaciones del almidón de trigo: una revisión. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos* , *52*(1), 38-58.

Yıldrım, A., y Seçkin, T. (2014). Preparación in situ de nanocargas de MWCNT funcionalizadas con poliéter amina como agentes de refuerzo. *Avances en Ciencia e Ingeniería de Materiales*, *2014*(1), 356920.