

## NOTA TÉCNICA

# CARACTERIZACIÓN DEL GRANO DEL CULTIVAR EXPERIMENTAL DE MAÍZ BLANCO TIPO CEROSO (“WAXY”) TROPICAL “DANAC WAXY 1”

Manuel Ávila<sup>1</sup>, Jesús Alezones<sup>1</sup>, José Salazar<sup>1</sup> y Marbella Romero<sup>1</sup>

### RESUMEN

En Venezuela se procesan granos de maíz ceroso (waxy) para la obtención de almidones modificados de uso industrial. Este posee características distintas a los maíces comúnmente producidos en Venezuela y debe ser importado desde países de clima templado donde presentan alta adaptabilidad. El objetivo del estudio fue caracterizar el nuevo cultivar experimental de maíz blanco tipo ceroso “Danac waxy 1” (DWX-1) adaptado al trópico. DWX-1 es un híbrido simple que se obtuvo a partir de un proceso de introgresión del gen waxy (Wx) proveniente de una accesión del Banco de germoplasma de Fundación Danac. Para la caracterización del grano se estableció una siembra en campos experimentales en San Javier, Estado Yaracuy, Venezuela, durante el año 2016. El grano es semidentado, esférico, con pericarpio incoloro y endospermo opaco de color marfil. Posee un elevado rendimiento de endospermo (75,1 %) y alta recuperación de partículas de gran tamaño ( $\geq 4,75$  mm) luego de la molienda, alcanzado un promedio de 60,1 %. Los gránulos de almidón resultaron poligonales y esféricos y en tinción con lugol poseen una coloración rojiza atribuida a su bajo contenido de amilosa (1,7 %). El perfil amilográfico de la harina de endospermo de DWX-1, arrojó altos valores de viscosidad y baja capacidad retrogradativa. Luego de la cocción se mantuvo una mezcla fluida, adhesiva y de baja consistencia. Los resultados demuestran el potencial tecnológico de los granos de DWX-1 para la producción de almidones de alto valor funcional, lo que permitiría disminuir las importaciones en la industria nacional.

**Palabras clave adicionales:** Almidón, amilosa, amilopectina, endospermo, perfil amilográfico

### ABSTRACT

#### Grain characterization of tropical waxy corn hybrid “Danac waxy 1”

Venezuelan corn wet milling industry uses waxy corn in order to obtain modified starches for industrial uses. This corn has special characteristics and its grain is imported from temperate countries where hybrids with high adaptability has been developed. The objective of this study is to characterize the new tropical waxy hybrid “Danac waxy 1” (DWX-1). This is a white grained simple hybrid developed through introduction of the waxy gene from an accession of Danac's germplasm bank in elite white grained normal inbred lines. In order to characterize DWX-1 grain, an experimental plot was established in 2016 at San Javier in Yaracuy, Venezuela. The grain was semi dent, spherical, with decolored pericarp and opaque ivory color endosperm. It shows after dry milling a high endosperm yield (75.1 %) and a high proportion of big sized endosperm particles ( $\geq 4.75$  mm), averaging 60.1 %. The starch granules are polygonal and spherical, with a reddish pigmentation in contact with lugol solution attributable to low amylose content (1.7 %). Amylographic profile of endosperm flour shows high viscosity and low retrogradation. After cooking, the slurry of water and endosperm is fluid, adhesive and has low consistency. Results demonstrate that DWX-1 has a high technological potential for local production of grain with high value functional starches, reducing the need for importation of the national industry.

**Additional key words:** Amylopectin, amylographic profile, endosperm, starch, amylose

### INTRODUCCIÓN

El endospermo de granos de cereales, incluyendo el maíz, es un tejido de reserva

energética formado principalmente por gránulos de almidón. Dichos gránulos están compuestos por dos polímeros de glucosa, conocidos como amilosa y amilopectina (Liu et al., 2017). La

---

Recibido: Agosto 4, 2017

Aceptado: Marzo 19, 2018

<sup>1</sup> Fundación para la Investigación Agrícola Danac. San Javier. Apdo. 182. Guarataro, estado Yaracuy, Venezuela  
e-mail: manuel.avila@danac.org.ve

amilosa presenta enlaces de glucosa de tipo  $\alpha$ ,1-4 siendo una estructura esencialmente lineal, mientras que la amilopectina, además de presentar enlaces  $\alpha$ ,1-4 posee enlaces de tipo  $\alpha$ ,1-6, lo que le confiere una estructura ramificada (Alcázar-Alay, y Meireles, 2015). Las proporciones en que se encuentran dichas fracciones varían de acuerdo al genotipo de maíz, ambientes de desarrollo del cultivo y prácticas agronómicas (Singh et al., 2014).

Los almidones de maíz de tipo normal por lo general contienen entre 20 y 30 % de amilosa y entre 80 y 70 % de amilopectina, mientras que los maíces de tipo ceroso (waxy) están compuestos casi exclusivamente de amilopectina (Pérez y Bertoft, 2010). Las proporciones de amilosa y amilopectina presentes en el almidón, afectan sus propiedades funcionales confiriéndole usos específicos en industrias de alimentos, textiles y papel. Por ejemplo, los almidones de maíces cerosos poseen un alto valor agregado ya que influyen la digestibilidad y cuando son modificados químicamente mediante incorporación de grupos funcionales por acetilación y entrecruzamiento, se emplean como espesantes en diversas preparaciones alimenticias (Singh et al., 2007). Por otra parte, han mostrado un elevado potencial para la producción de nanopartículas para uso alimentario (Angellier et al., 2006).

En Venezuela se cultiva maíz de tipo duro (normal) y se destina principalmente a la producción de harina precocida de endospermo para el consumo humano (Ávila, 2012). No obstante, cierta proporción de este maíz se destina a la industria de molienda húmeda, para la obtención de almidón nativo y diversos subproductos del proceso. La principal industria de molienda húmeda de maíz en el país produce adicionalmente almidones modificados, incluyendo aquellos derivados del maíz ceroso, el cual es utilizado por diversas empresas nacionales como aditivo espesante y estabilizante de diferentes alimentos.

Una de las limitantes de la producción de almidones modificados a partir de maíces cerosos en Venezuela es que al no producirse localmente deben obtenerse exclusivamente de fuentes de almidón de maíz ceroso de países de clima templado (Lizardo Bustamante, Industrias del Maíz - Indelma. Comunicación personal) donde

dichos maíces presentan alta adaptabilidad y producción.

Desde hace cinco años en el país se han venido desarrollando maíces de tipo ceroso y recientemente un programa de mejoramiento nacional obtuvo un cultivar de maíz denominado "Danac waxy 1" (DWX-1) adaptado al trópico, siendo necesaria la caracterización de grano a fin de conocer su potencial industrial. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el grano de dicho cultivar.

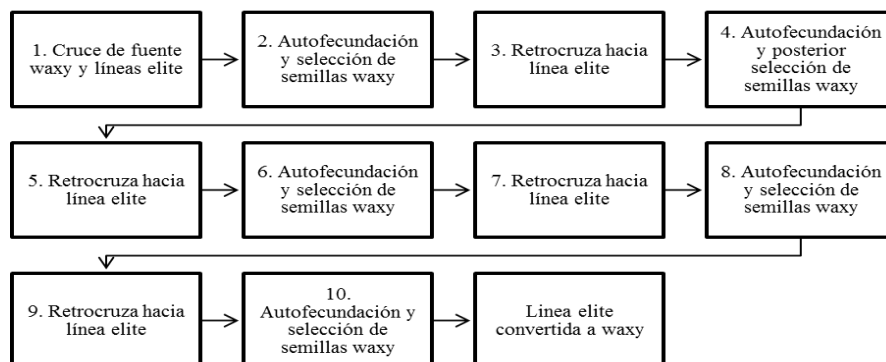
**Obtención del cultivar.** El maíz ceroso blanco DWX-1 es un material obtenido por el Programa de mejoramiento de Maíz de Fundación Danac, en San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. Este se generó a partir de un proceso de introgresión del gen waxy (Wx) proveniente de una accesión del Banco de germoplasma llamada WX-127 en líneas élite de Fundación Danac, específicamente, las que conforman el híbrido comercial Danac-826 (D-826).

La introgresión del gen se realizó mediante cruzamiento entre las líneas parentales y la fuente waxy, posteriormente, se inició un proceso de autofecundación y retrocruzas alternadas con el fin de identificar individuos con alta recuperación del germoplasma élite de color blanco con la característica cerosa (Figura 1). Las autofecundaciones son necesarias para la identificación de semillas cerosas debido a que el gen que lo determina es recesivo e identificable en la semilla por su aspecto ceroso u opaco. Luego de varias generaciones de retrocruzas y autofecundaciones se obtuvieron las líneas parentales del D-826 con granos cerosos que conforman al híbrido DWX-1.

**Descripción del cultivar.** El cultivar es un híbrido simple de tipo ceroso, de grano semidentado con pericarpio incoloro y endospermo blanco, posee una mazorca cilíndrica con marlo o tusa blanco que tiene en promedio 16 hileras y 38 granos por hilera. Es de ciclo tropical intermedio con una floración promedio de 51 días (rango de 48 a 55 días) y un ciclo a cosecha de 125 días. Este híbrido es de porte intermedio con una altura promedio de 230 cm y una inserción de mazorca de 112 cm. Posee tallo recto sin zigzagueo en el que se insertan, en promedio, 16 hojas de color verde oscuro. El limbo de las mismas presenta curvatura media y su borde presenta ondulación leve a ausente con un ángulo semiabierto con

respecto al tallo. Su panícula o flor masculina es semiabierta, con densidad de espiguillas media y

pigmentación antociánica leve, mientras que sus anteras son de color amarillo.



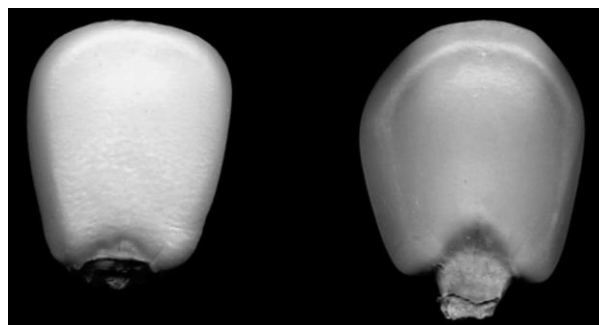
**Figura 1.** Esquema de mejoramiento para introgresión de gen waxy en líneas elite de maíz

**Características de grano.** Para la caracterización del grano del cultivar experimental DWX-1 se empleó como referencia el cultivar comercial D-826, en virtud de establecer diferencias físicas, químicas y funcionales con respecto a una fuente de maíz de tipo normal. Ambos fueron cultivados bajo las mismas condiciones a mediados de mayo del año 2016, en campos experimentales de Fundación Danac. Todas las muestras de grano fueron caracterizadas a 12 % de humedad y los resultados se presentaron como el promedio de tres observaciones, salvo las mediciones de los granos que se realizaron a partir de 30 granos tomados al azar.

Los granos de maíz de DWX-1 presentaron un color marfil resultando similar a la fuente normal D-826. Sin embargo, presentaron una apariencia completamente opaca en comparación a los granos vítreos de D-826 (Figura 2).

Las dimensiones físicas del grano se presentan

en el Cuadro 1. Los granos de DWX-1 presentaron menor peso específico y mayor peso de 1000 granos con respecto a la fuente de maíz de tipo normal D-826. En cuanto a las dimensiones DWX-1 presentó una menor longitud y mayores promedios de ancho, espesor y esfericidad con respecto al cultivar D-826.



**Figura 2.** Aspecto de semillas de maíz DWX-1 (izquierda) vs. maíz normal D-826 (derecha)

**Cuadro 1.** Medidas físicas del grano de los cultivares tipos ceroso DWX-1 y normal D-826

Cultivar	Peso específico (g·L <sup>-1</sup> )	Peso de 1000 granos (g)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Esfericidad*
DWX-1	798,0	332,9	11,2	8,1	5,2	0,7
D-826	804,0	313,8	12,0	7,9	4,5	0,6

\* Método descrito por Pomeranz et al. (1985): Esfericidad = (Largo x Ancho x Espesor)<sup>1/3</sup> / Largo

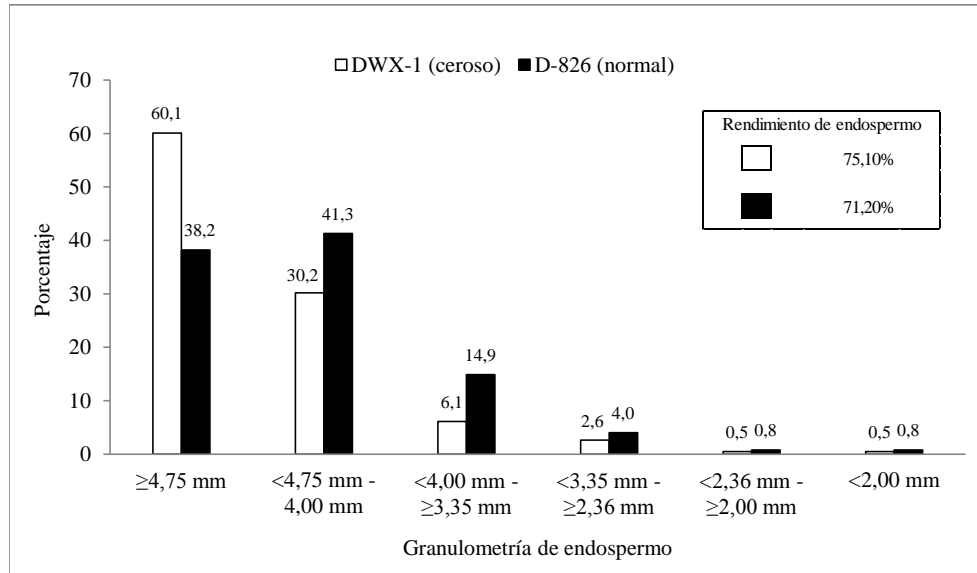
El rendimiento de endospermo de DWX-1, luego de remoción del pericarpio con el molino McGill N° 2 (Rapsco), siguiendo la metodología propuesta por Ávila (2012), fue de 75,1 % y presentó una mayor proporción de partículas

gruesas ( $\geq 4,75$  mm) con respecto a las finas alcanzado un promedio de 60,1 % (Figura 3).

Los granos de D-826 alcanzaron un rendimiento en endospermo de 71,2 % y un porcentaje de retención de partículas gruesas

( $\geq 4,75$  mm) de 38,2 % (Figura 3). Lo anterior indica que el maíz ceroso DWX-1 presenta una mayor dureza de grano y recuperación de endospermo luego de un proceso de separación física con respecto al maíz D-826 (normal). Esto

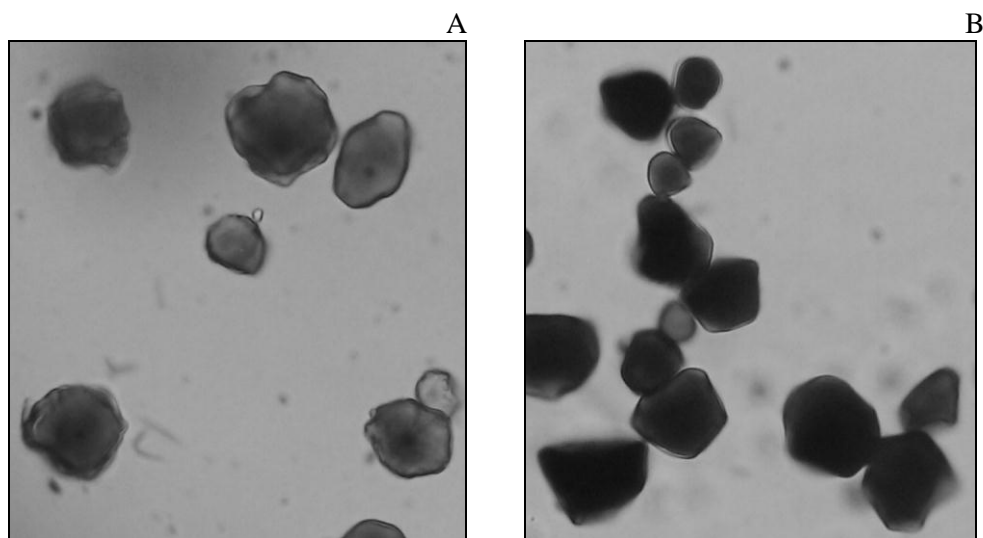
resulta contrastante a lo señalado por Thakur et al. (2015), quienes encontraron baja recuperación de endospermo y baja proporción de partículas de gran tamaño de los maíces tipo ceroso con respecto a la fuente de maíz normal.



**Figura 3.** Distribución del tamaño de partículas de endospermo de maíces tipos ceroso DWX-1 y normal D-826

Al observar los gránulos de almidón nativos teñidos con solución yodo-yoduro de potasio (lugol al 2 %) en microscopio se encontró que los de DWX-1 presentaron una leve tinción (Figura 4-A) y cierta traslucidez, debida esencialmente a la

ausencia de amilosa, mientras que los de D-826 presentaron tinción oscura (Figura 4-B), debido al complejo de color azul intenso formado entre el yodo y la amilosa presente (Carrasquero y Navas, 2015).



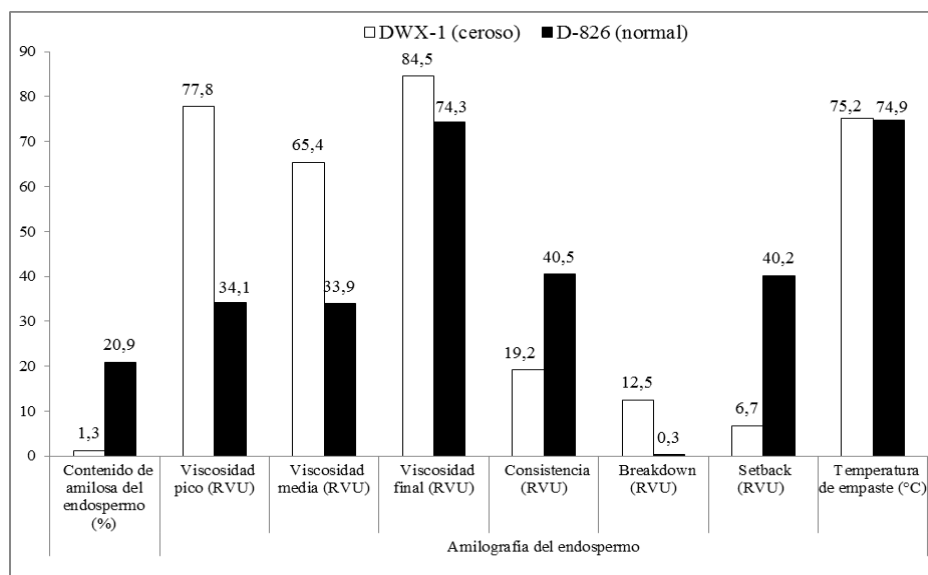
**Figura 4.** Apariencia de gránulos de almidón nativo (100x) en tinción con lugol de maíces tipo ceroso DWX-1 (A) y normal D-826 (B)

Por otra parte, se evidenciaron gránulos de formas poligonales y esféricas en ambos maíces. El promedio de amilosa del endospermo de DWX-1, siguiendo la metodología de Juliano (1971) fue de 1,3 % resultando muy inferior al 20,9 % obtenido por el maíz D-826 (Figura 5). El bajo contenido de amilosa de DWX-1 es una característica distintiva de fuentes cerosas que le confiere baja capacidad retrogradativa o de asentamiento en mezclas de harina y agua luego de ser cocidas (gelatinizadas) y enfriadas (Wang et al., 2015).

El perfil amilográfico, método 76-21.01 AACC (1999), es un proceso realizado por analizador rápido de viscosidad (RVA) donde se somete una

mezcla de harina de endospermo y agua (8 % p/v), a un ciclo clásico de cocción (calentamiento-cocción-enfriamiento) y se evalúa la viscosidad expresadas por las unidades del equipo RVU (1 RVU=10 cP) (Ávila, 2001).

La harina de DWX-1 al ser sometida a dicho perfil presentó mayores niveles de viscosidad pico, media, final y fragilidad (*breakdown*) y bajos niveles de asentamiento (*setback*) y consistencia frente a la fuente de tipo normal D-826. Por otra parte, los valores de temperatura de empaste resultaron comparables para ambos tipos de maíz, indicativo que los gránulos logran formar una pasta en temperaturas similares (Figura 5).



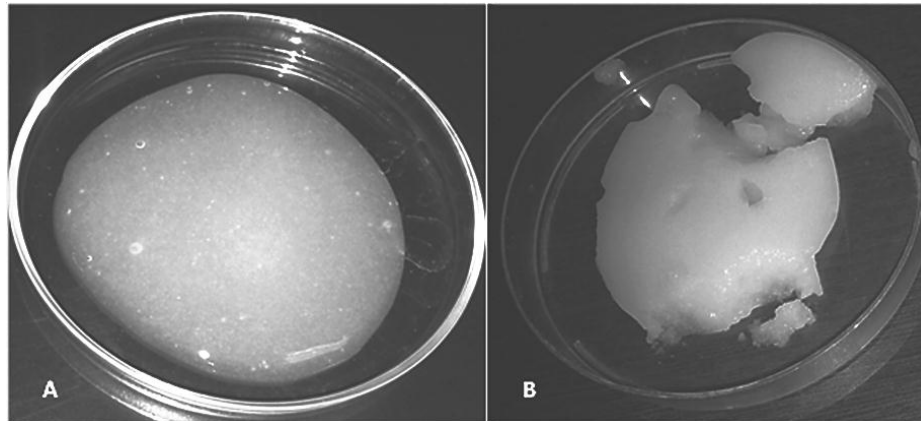
**Figura 5.** Contenido de amilosa y variables del perfil amilográfico en unidades del endospermo de maíces tipos ceroso DWX-1 y normal D-826

El producto resultante de cada perfil amilográfico consistió en una mezcla fluida, adhesiva y de baja consistencia para el endospermo de DWX-1 (Figura 6-A); mientras para el de tipo normal (D-826) resultó en un gel firme, de alta consistencia que incluso presentó fraccionamiento cuando se aplicó tensión de corte manual (Figura 6-B).

La ausencia de amilosa en los almidones de tipo ceroso reduce la interacción de enlaces intermoleculares a través de puentes de hidrógeno lo cual resulta en la formación de un gel suave adhesivo y de baja cohesividad (Wang et al., 2015). El perfil amilográfico del cultivar DWX-1 resultó típico de los maíces de tipo ceroso, donde

las bajas viscosidades y retrogradación de la pasta resultan idóneas, conforme lo indicado por Thakur et al. (2015), para ser utilizados como aditivos en productos alimenticios que requieran una mejor sensación de boca y, por otra parte, pueden ser empleados para mantener la textura en productos refrigerados.

Las características de grano del maíz tipo ceroso tropical “Danac waxy 1” confirman su potencial de alto rendimiento industrial y constituye una alternativa tecnológica promisoría para la producción de almidones de alto valor funcional en Venezuela que permitiría disminuir las importaciones y ofrecer soluciones a la industria nacional.



**Figura 6.** Apariencia de la mezcla resultante del perfil amilográfico de harina de endospermo de maíces tipos ceroso DWX-1 (A) y normal D-826 (B) luego de reposo por 30 min a 25 °C

### LITERATURA CITADA

1. AACC (American Association of Cereal Chemists). 1999. General Pasting Method for Wheat or Rye Flour or Starh Using the Rapid Visco Analysers: Approved Methods of Analysis. Method 76-21.01. AACC Internat. St. Paul, MN. USA.
2. Alcázar-Alay, S. y M. Meireles. 2015. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology (Campinas)* 35(2): 215-236.
3. Angellier, H., S. Molina-Boisseau, P. Dole y A. Dufresne. 2006. Thermoplastic starch-waxy maize starch nanocrystals nanocomposites. *Biomacromolecules* 7(2): 531-539.
4. Ávila, M. 2012. Caracterización de Dureza de Grano de MAÍCES cultivados en Venezuela. Editorial Académica Española. Madrid.
5. Ávila, M. 2001. Incorporación del Rapid Visco Analyser (RVA) para la determinación de la calidad culinaria de arroz. *Boletín Informativo Danac* 7(3): 1-3.
6. Carrasquero-Durán, A. y P. Navas. 2015. Determinación de amilosa en presencia de amilopectina en almidón de arroz aplicando la espectroscopía derivada. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería* 23(1): 11-20.
7. Juliano, B. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16: 334-340.
8. Liu, X., X. Xiao, P. Liu, L. Yu, M. Li, S. Zhou y F. Xie. 2017. Shear degradation of corn starches with different amylose contents. *Food Hydrocolloids* 66: 199-205.
9. Pérez, S. y E. Bertoft. 2010. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. *Starch-Stärke* 62(8): 389-420.
10. Pomeranz, Y., Z. Czuchjowska, C. Martin y F. Lai. 1985. Determination of corn hardness by Stenvert hardness tester. *Cereal Chem* 62: 108-110.
11. Singh, N., A. Kaury y K. Shevkani. 2014. Maize: grain structure, composition, milling, and starch characteristics. *In: Kumar y Langyan (eds.). Maize: Nutrition Dynamics and Novel Uses.* Springer. New Delhi. pp. 65-76.
12. Singh, J., L. Kaur, y O. McCarthy. 2007. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications-A review. *Food Hydrocolloids* 21: 1-22.
13. Thakur, S., A. Kaur, N. Singh, y A. Viridi. 2015. Successive reduction dry milling of normal and waxy corn: grain, grit, and flour properties. *Journal of Food Science* 80(6): C1144-55.
14. Wang, S., C. Li, L. Copeland, Q. Niu y S. Wang. 2015. Starch retrogradation: a comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14(5): 568-585.