

## EFFECTO DE LA EXTRUSIÓN-COCCIÓN EN LA FORMACIÓN DE ALMIDÓN RESISTENTE

Néder Suarez D<sup>a,\*</sup> Quintero Ramos A<sup>b</sup>, Amaya Guerra C.A.<sup>a</sup>

a) Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66450, San Nicolás de Los Garza, Nuevo León, México. \* [neder\\_david@yahoo.com.mx](mailto:neder_david@yahoo.com.mx)

a) Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Ciudad Universitaria s/n. C.P. 1542-C. Chihuahua, Chihuahua.

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la formación de almidón resistente y propiedades físicas en harinas obtenidas después del proceso de extrusión-cocción y almacenamiento a baja temperatura. Se utilizó almidón de maíz nativo para el proceso de extrusión con un diseño experimental de 5 niveles y tres variables temperatura, velocidad de tornillo y humedad, produciendo 20 experimentos estudiados con metodología de superficie de respuesta para conocer el efecto de estos en las variables en índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), cantidad de almidón resistente (AR) y propiedades térmicas como entalpia ( $\Delta H$ ) y temperatura de gelatinización Tg). La respuesta de superficie para IAA fue un máximo a 112.4 °C, 269 rpm y 27.4 % humedad, la respuesta para el ISA fue un punto silla a 204.7 °C, 282 rpm y 71 % humedad, el AR generó un mínimo a 102.4 °C, 253 rpm y 29 % de humedad, para la  $\Delta H$  se generó un punto silla a 98.5 °C, 244 rpm y 48 % de humedad, la Tg dio un punto silla a 102.4 °C, 265 rpm y 32 % de humedad. El valor máximo de AR fue de 1.14 g / 100 g.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the formation of resistant starch and physical properties in flours obtained after extrusion-cooking process and storage at low temperature. Native corn starch was used for the extrusion process with experimental design of 5 levels and three variables temperature, screw speed and moisture content, produced 20 experiments that were studied using response surface methodology to discover the effect of these variables on water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), resistant starch content (RS) and thermal properties as enthalpy ( $\Delta H$ ) and gelatinization temperature (Tg). Response surface for WAI was maximum at 112.48 °C, 269 rpm and 27.4% of moisture, for WSI was saddle point at 204.7 °C, 282 rpm and 71% of moisture for RS the response surface was a minimum at 102.4 °C, 253 rpm and 29% of moisture, for  $\Delta H$  a saddle point was found at 98.5 °C, 244 rpm and 48% of moisture, the Tg generated a saddle point at 102.4 °C, 265 rpm and 32% of moisture,. A maximum value of RS 1.14 g / 100 g was generated.

**Palabras Clave:** Extrusión, Almidón resistente, Superficie de respuesta.

**Área:** Cereales, leguminosas y oleaginosas.

## **INTRODUCCIÓN**

El almidón resistente AR es un almidón que escapa a la digestión en el intestino delgado y puede ser digerido en el intestino grueso donde es fermentado por la microflora del colon (Kim et al., 2006; Faraj et al., 2004). Su elaboración generalmente implica una hidrólisis ácida parcial, tratamientos hidrotérmicos, calentamiento, retrogradación, modificaciones químicas y repolimerización. El uso del proceso de extrusión ofrece algunas soluciones a estas prácticas de obtención, ya que puede ser utilizado para producir almidones modificados en un proceso continuo con una calidad del producto más homogénea. La extrusión tiene la ventaja ya que da una excelente mezcla de los componentes y tiempos cortos de proceso normalmente en un intervalo de 2-5 min (Moad, 2011) una vez obtenido se pueden emplear en alimentos para el consumo y como ingredientes para productos alimenticios que pueden mejorar la salud pública. (Fuentes et al., 2010).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Extrusión-cocción**

Almidón de maíz comercial comprado en una mercado local (Monterrey, México), fue procesado en un extrusor de doble tornillo escala piloto marca Buhler, modelo, Switzerland, bajo un modelo experimental de superficie de respuesta generando 20 experimentos donde las condiciones de extrusión fueron temperatura (90, 100, 110, 120 y 130 °C), contenido de humedad (20, 25, 30, 35 y 40 %) y velocidad de tornillo (180, 240, 280, 320 y 360 rpm). El almidón fue alimentado a un flujo másico de 7 Kg/h. Los productos extrudidos se fueron almacenados a una temperatura de 4 °C por 114 horas en bolsas de plástico y posteriormente secados a 50 °C por 8 horas. Ambos lotes fueron molidos y tamizados con malla No. 80 (177 µm) para su posterior análisis.

### **Índices de absorción en agua (IAA) y solubilidad en agua (ISA)**

La determinación de los índices IAA y ASA se realizó por triplicado de acuerdo a (Robin et al., 2011)

### **Almidón resistente (AR)**

La determinación se realizó mediante el kit enzimático (Megazyme International Ireland Ltd. Co., Wicklow, Ireland), los resultados se expresaron en g de AR/ 100 g de muestra.

### **Propiedades térmicas entalpia ( $\Delta H$ ) y temperatura de gelatinización ( $T_g$ )**

La temperatura de transición fue evaluada por el método propuesto por (Lehmann et al., 2002)

## RESULTADOS

En la figura 1A se muestra el efecto de la temperatura de extrusión y del contenido de humedad sobre el IAA de las harinas después del proceso de extrusión y de su almacenamiento a baja temperatura. El IAA es un indicador de la capacidad de la harina para absorber el agua, depende de la disponibilidad de grupos hidrófilos que se unen a las moléculas de agua y sobre la capacidad de las macromoléculas de formar un gel. Se aprecia que el factor que presentó un mayor efecto sobre el IAA fue la humedad de extrusión. Los valores de IAA variaron entre 2.7 a 6.8%, los cuales aumentaron en comparación con la harina nativa ya que esta tiene un valor de 1.8 de IAA. Los valores de IAA bajos obtenidos en el presente trabajo se debieron posiblemente a que el almidón no sufrió un alto grado de dextrinización durante la extrusión, y valores altos el fenómeno contrario, lo cual provocó un aumento en la capacidad de absorción de agua, (Gonzales et al., 2007; Hagenimana et al., 2006, Sarawong et al., 2014). En la figura 1B se muestra el efecto de la temperatura de extrusión y del contenido de humedad sobre el ISA de las harinas después del proceso de extrusión y de su almacenamiento a baja temperatura. El ISA se utiliza para medir la degradación del almidón, esto significa que a menor ISA hay menor degradación de almidón lo que conlleva a un menor número de moléculas solubles en los productos extrudidos (Hernández et al., 2007). Se aprecia que el factor que presentó un mayor efecto sobre el ISA fue la humedad de extrusión. Los valores de ISA variaron de 2.1 a 28.1%, los cuales aumentaron en comparación con la harina nativa ya que esta tiene un valor de 0.1 de ISA. A bajas temperaturas y altas humedades el ISA disminuyó debido a la gelatinización parcial del almidón durante la extrusión, con hinchazón parcial del granulo (Agustiano et al., 2005; Faraj et al., 2004). Altas temperaturas y bajos contenidos de humedad causaron un aumento en la cantidad de gránulos de almidón degradados resultantes en un aumento de la formación de productos solubles en agua. Este fenómeno es causado por una mayor fragmentación del almidón durante la extrusión a baja temperaturas este fenómeno es conocido como dextrinación (Gonzales et al., 2007; Hagenimana et al., 2006, Sarawong et al., 2014).

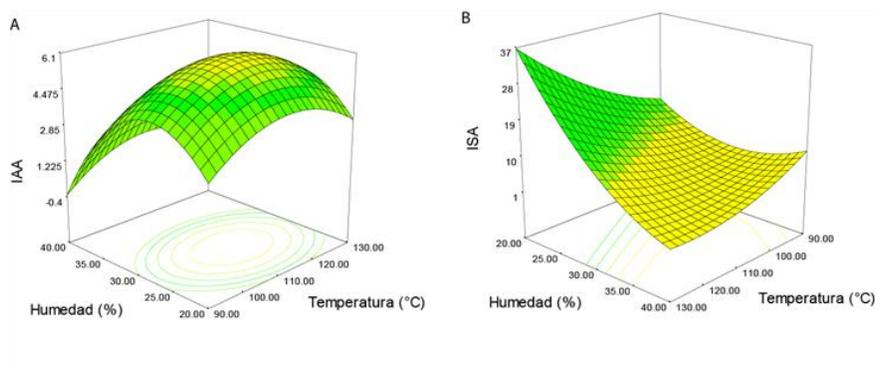


Figura 1. Efecto de la temperatura de extrusión y del contenido de humedad sobre el índice de absorción de agua IAA (A) e índice de solubilidad de agua ISA (B), a una velocidad de 180 rpm.

En la figura 2A se muestra el efecto de la temperatura de extrusión y del contenido de humedad sobre el AR de las harinas después del proceso de extrusión y de su almacenamiento a baja temperatura, el factor que presentó un mayor efecto sobre el AR fue la humedad de extrusión. Cuando se incrementó el contenido de AR, los valores de ISA fueron menores que aquellos con bajo contenido de AR esto puede ser explicado debido a la formación de zonas cristalinas (Agustiano et al., 2005). Los bajos niveles de AR3 se deben posiblemente al bajo contenido de amilosa en el almidón y las condiciones de proceso, debido a que no existe una nueva compensación de cristales adiciones que se forman entre las cadenas de amilosa. Las condiciones de extrusión, especialmente esfuerzo de corte del tornillo del extrusor, puede haber causado la degradación de la amilosa en moléculas de menor grado de polimerización, que no podrían ser incorporadas a la estructura cristalina y por lo tanto, resultó en una baja formación de AR3 (González et al., 2007). El valor de la harina nativa fue de 0.6 g /100 g, el proceso de extrusión incrementó la cantidad de AR después del almacenamiento a baja temperatura, se puede atribuir a una mejor nucleación y una elongación en las cadenas durante la formación de la estructura de doble hélice generando valores máximos de 1.14 g / 100 g (Faraj et al., 2004). La destrucción de la estructura del almidón por calor es conocida como gelatinización, la cual causa pérdida de cristalinidad por la solubilización de la amilosa y el hinchamiento de los gránulos, la entalpía es una medida de la cristalinidad de la amilopeptina dando la calidad como la cantidad de cristales de almidón (Buckow et al., 2007).

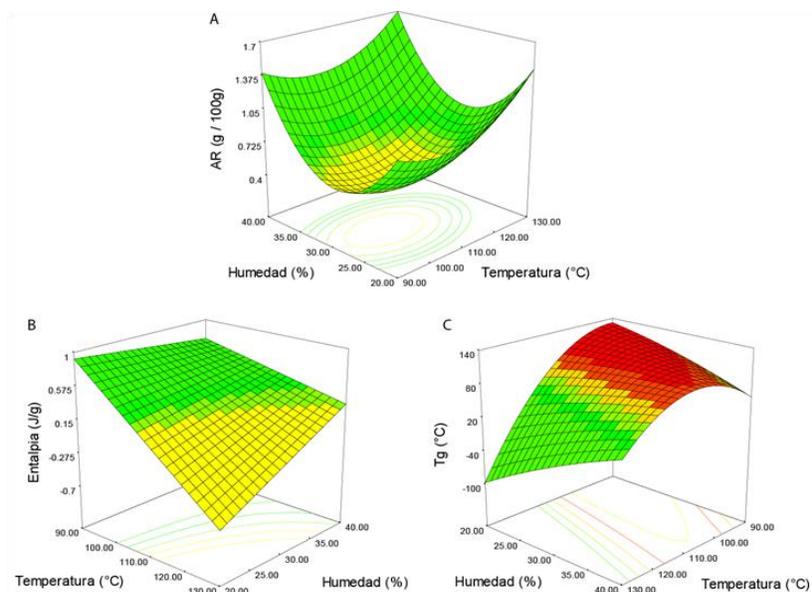


Figura 2. Efecto de la temperatura de extrusión y del contenido de humedad sobre la cantidad de almidón resistente AR (A), entalpía  $\Delta H$  (B) y temperatura de gelatinización  $T_g$  (C), a una velocidad de 180 rpm.

En la figura 2B y 2C se muestra el efecto de la temperatura de extrusión y del contenido de humedad sobre las propiedades térmicas después del proceso de extrusión y de su posterior almacenamiento a baja temperatura. Para la entalpía los factores que presentaron un efecto significativo fueron la temperatura y la humedad, para la temperatura de gelatinización fue la temperatura únicamente. Los valores de  $\Delta H$  variaron de valores menores de 0.01 hasta 0.9 J/g, y la temperatura de gelatinización entre 98.8 y 101.6 °C. Para el almidón nativo se encontraron dos transiciones endotérmicas una a temperatura de 69.89 °C con una  $\Delta H$  de 9.33 J/g y otro a 102 °C con una  $\Delta H$  de 0.06 J/g. Se muestra que a altas temperaturas y bajas humedades existe un daño mayor en la estructura del almidón teniendo como consecuencia la disminución de la entalpía, debido a la dextrinación de los componentes (Kim et al., 2006). Con el almacenamiento después del proceso de extrusión cocción se da lugar a la formación de dobles hélices de modo que las cadenas de amilosa tienen más oportunidad de asociarse aumentando la formación de cristales mediante puentes de hidrógeno y otras fuerzas moleculares, lo que resulta en un pico de transición térmica a más alta temperatura que el almidón nativo generando un pico endotérmico a más alta temperatura (Shi and Gao, 2011; Zhang and Jin, 2011).

## CONCLUSIÓN

El efecto de la extrusión-cocción en el almidón nativo de maíz generó cambios en sus propiedades incrementando tanto el IAA como el ISA, disminuyó la entalpía de gelatinización generando un aumento en la cantidad de AR producido después del almacenamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agustiniano J, González R, Flores E, Manrique N, Sánchez L, Bello L. 2005. Resistant starch production from mango starch using a single-screw extruder. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 2105-2110.
- Buckow R, Heinz V, Knorr D. 2007. High pressure phase transition kinetics of maize starch. *Journal of Food Engineering* 81: 469–475.
- Faraj A, Vasanthan T, Hoover R. 2004. The effect of extrusion cooking on resistant starch formation in waxy and regular barley flours. *Food Research International* 37: 517-525.
- Fuente, E, Riquelme M, Sánchez E, Pérez J. 2010. Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International* 43: 931-942.
- González R, Mora R, Hernández H, Sánchez M, Bello L. 2007. Extrusion of banana starch: characterization of the extrudates. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 348-356.
- Goñi I, García E, Mañas E, Saura F. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry* 56: 445-449.
- Hagenimana A, Ding X, Fang T. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science* 43: 38–46.
- Hernandez J.R, Quintero A, Barnard J. Balandran R.R. 2007. Functional properties of extrudates prepared with blends of wheat flour/pinto bean meal with added wheat bran. *Food Science and Technology International* 13: 301–30.
- Kim J, Tanhehco E, Ng P. 2006. Effect of extrusion conditions on resistant starch formation from pastry wheat flour. *Food Chemistry* 99: 718-723.
- Lehmann U, Jacobasch G, Schmiedl D. 2002. Characterization of Resistant Starch Type III from Banana (*Musa acuminata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5236-5240.