



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO EN ALIMENTOS
Programa de Posgrado en Ciencias y Tecnología de Alimentos

**Optimización de las Condiciones del Proceso de Extrusión para la
Obtención de Botanas Nixtamalizadas de Maíz Azul**

TESIS

Como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

Presenta:

M.C. Anayansi Escalante Aburto

Hermosillo, Sonora

Junio de 2014

RESUMEN

Los maíces pigmentados contienen compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides llamados antocianinas, los cuales poseen actividad antioxidante. Las botanas nixtamalizadas son altamente consumidas y desde hace algunos años, el proceso de extrusión se ha utilizado para su obtención como una alternativa a la nixtamalización tradicional. El objetivo de esta investigación, fue optimizar las condiciones del proceso de extrusión para la obtención de botanas expandidas nixtamalizadas de maíz azul integral con máximo contenido de antocianinas, expansión y color aceptables. La investigación se dividió en dos etapas. Durante la primera etapa, se evaluaron los factores que afectaron las propiedades químicas, físicas, reológicas, morfológicas, térmicas y de textura de los extrudidos nixtamalizados. Se caracterizó el maíz azul y se molió una (M1) o tres (M3) veces para obtener diferente tamaño de partícula (ITP). El maíz de M1 y M3 se acondicionó a diferente humedad de alimentación (HA, 14-20.5%), adicionando 0.3% de hidróxido de calcio. Los tratamientos acondicionados se dejaron en reposo a 4°C durante 24 h. Los extrudidos se obtuvieron en un extrusor de tornillo simple, variando la temperatura final del cañón (T, 130 ó 140°C). Los extrudidos se secaron a 60°C durante 2 h y se evaluaron mediante análisis químicos, físicos, reológicos, morfológicos, térmicos y de textura. Se utilizó un diseño de experimentos factorial de 6x2x2, obteniendo 24 tratamientos. En la segunda etapa, se optimizaron las condiciones de procesamiento en función de los siguientes parámetros de calidad: contenido de antocianinas, índice de expansión (crujencia) y color azul intenso (parámetro de color *b*). Se utilizó maíz molido de ITP 83.9 (M1) y se elaboraron los extrudidos bajo las condiciones obtenidas de una matriz de un diseño central compuesto, donde los factores fueron: humedad de alimentación (HA, 15-23%), concentración de hidróxido de calcio (CHC, 0-0.25%) y temperatura de la cuarta zona del extrusor (T, 110-150°C). Los extrudidos se secaron a 60°C durante 2 h. Las variables respuesta fueron químicas, físicas y de textura. Las condiciones de procesamiento óptimas para la obtención de las botanas nixtamalizadas, se seleccionaron en función de las variables respuesta:

antocianinas totales, índice de expansión y parámetro de color b . Se utilizaron las gráficas de contorno obtenidas de las variables respuesta anteriores, y se realizó una superposición de superficies para determinar la mejor combinación de los factores de procesamiento. Los resultados de la primera etapa indican que la HA, la molienda (reportada como ITP), la T, y la interacción T y HA, fueron los factores que afectaron significativamente las propiedades químicas, físicas, reológicas, morfológicas, térmicas y de textura de los extrudidos. El contenido de antocianinas totales (AT) y de cianidina 3-glucósido, fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en los extrudidos elaborados con HA 16 y 16.5%. La viscoelasticidad de la masa elaborada con los extrudidos mostró un comportamiento mayormente elástico ($Tan \delta < 0.5$). Los análisis morfológicos y térmicos demostraron un severo daño al almidón ocasionado por la baja HA y el esfuerzo de corte dentro del extrusor. La HA afectó muy significativamente ($P < 0.01$) la densidad aparente, el índice de expansión (IE) y el esfuerzo de corte máximo ($\sigma_{m\acute{a}x}$). El extrudido elaborado con T 130°C, maíz de M1, y HA 16%, fue el mejor tratamiento debido a que presentó el contenido más elevado de AT (239.94 mg/kg) y un IE de 2.30. Los resultados de la segunda etapa, indicaron que las condiciones óptimas de procesamiento fueron: HA 16.94%, T 141.89°C (cuarta zona del extrusor), y CHC 0.09%. Con estas condiciones se estimaron los valores para las variables respuesta: contenido de AT de 160 mg/kg, IE de 2.66 y parámetro de color b de 0.10. Para la validación experimental en el extrusor de las condiciones óptimas, se elaboraron los extrudidos de maíz azul utilizando maíz blanco como control. Los extrudidos nixtamalizados de maíz azul obtenidos presentaron un contenido de AT de 158.8 mg/kg, un IE de 3.6 y un parámetro de color b de -0.45. Al comparar los extrudidos de maíz azul con los de maíz blanco, los primeros presentaron un 96.8% más AT, una expansión 1.9 veces mayor y un parámetro de color b más bajo. Se concluye que es posible la optimización del proceso de extrusión para obtener una botana expandida de maíz azul integral con antocianinas, mayor valor nutrimental y características de textura y color aceptables.