

Volumen 2, Número 4 – Julio – Septiembre - 2015

ISSN 2410-356X

Revista de Ciencias

Naturales y Agropecuarias

ECORFAN[®]

Bases de datos

Google Scholar.



ECORFAN-Bolivia

Directorio

Principal

RAMOS ESCAMILLA- María, PhD.

Director Regional

SERRUDO GONZALES- Javier, BsC

Director de la Revista

ESPINOZA GÓMEZ- Éric, MsC

Relaciones Institucionales

IGLESIAS SUAREZ- Fernando, BsC

Edición de Logística

DAZA CORTEZ- Ricardo, BsC

Diseñador de Edición

RAMOS ARANCIBIA- Alejandra, BsC

Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias, Volumen 2, Número 4, de Julio a Septiembre 2015, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Santa Lucía N-21, Barrio Libertadores, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: www.ecorfan.org, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: Ramos Escamilla-María, Co-Editor: Serrudo González-Javier. ISSN-2410-356X. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. Escamilla Bouchán - Imelda, Luna Soto-Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2015.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Consejo Editorial

YAN-TSAI, Jeng, PhD.
(*Tamkang University*), Taiwan

MIRANDA-TORRADO, Fernando, PhD.
(*Universidad de Santiago de Compostela*),
Spain

PALACIO, Juan, PhD.
(*University of St. Gallen*), Switzerland

GUZMÁN-SALA, Andrés, PhD.
(*Université de Perpignan*), France

VARGAS-HERNÁNDEZ, José, PhD.
(*Keele University*), England

HIRA, Anil, PhD.
(*SimonFraserUniversity*), Canada

VILLASANTE, Sebastian, PhD.
(*Royal Swedish Academy of Sciences*),
Sweden.

PACHECO-BONROSTRO, Joaquín, PhD.
(*Universidad de Burgos*), Spain.

Consejo Arbitral

GONZÁLEZ-GAXIOLA, Oswaldo, PhD
(Universidad Autónoma Metropolitana), México

MORÁN-CHIQUITO, Diana María, PhD
(Universidad Autónoma Metropolitana), México

KARAM-CHEMONTE, Alejandro, BsC
(Universidad Panamericana), México

URBINA-NÁJERA, Argelia Berenice, MsC
(Universidad Politécnica de Puebla), México

LUGARDO-BRAVO, María Teresa, MsC
(Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco), México

FRAGOSO-DÍAZ, Socorro, MsC
(Corporativo Universitario México), México

DE LA LLAVE-HERNÁNDEZ, María Alondra, PhD
(Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla), México

CAMPOS-RANGEL, Cuauhtemoc Crisanto, PhD
(Universidad Autónoma de Tlaxcala), México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Ciencias Naturales y Agropecuarias

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

Como primer artículo esta *Propiedades de Doce Razas Occidentales de Maíz Nativo (Zea mays L. poaceae) para Elaboración de Tortilla* por JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel, VÁZQUEZ-CARRILLO, Gricelda, RODRÍGUEZ-CHÁVEZ, Reyna y CARRIZALES-MEJÍA, Norberto con adscripción Instituto para Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México. Departamento de Producción Agrícola, CUCBA, Universidad de Guadalajara, como siguiente artículo esta *Estudio de la toxicidad del extracto etanólico de Justicia spicigera en ratas tratadas por vía oral durante 30 días* por BALDERAS, Sheila, DEL TORO, Juan, ALVARADO, Brenda y LEÓN-Angel con adscripción Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca-Universidad Autónoma de San Luis Potosí, como siguiente artículo esta *Sistema Acuapónico* por PÉREZ, Manuel, TÉLLEZ, Rubén, AVELINO, Roberto y TENORIO, Fermín, como siguiente artículo esta *Híbridos de sorgo para grano: Rendimiento del primer ciclo* por PADILLA, José, AVENDAÑO, Adriana, SÁNCHEZ, José y JIMÉNEZ, Angel con adscripción Cuerpo Académico 054 “Mejoramiento Genético para la Producción de Semillas” e Instituto de Ciencia y Tecnología de Semillas (INCITES), Centro Universitario de Ciencias. Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, como siguiente artículo esta *Extracción total de las antocianinas del maíz azul tzirantza y de sus productos nixtamalizados* por GARCIA, Liliana, YAHUACA, Berenice, CORTEZ, Consuelo y VÁZQUEZ, Pedro con adscripción Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo, como siguiente artículo esta *Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia* por VELARDE-RODRÍGUEZ, María Guadalupe, BELTRÁN-ACOSTA, Ana Cristina, PICHARDO-VELARDE, Jorge Gerardo y AMEZCUA-VEGA, Claudia.

Contenido

Artículo	Página
Propiedades de Doce Razas Occidentales de Maíz Nativo (<i>Zea mays</i> L. <i>poaceae</i>) para Elaboración de Tortilla JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel, VÁZQUEZ-CARRILLO, Gricelda, RODRÍGUEZ-CHÁVEZ, Reyna y CARRIZALES-MEJÍA, Norberto	519-530
Estudio de la toxicidad del extracto etanólico de <i>Justicia spicigera</i> en ratas tratadas por vía oral durante 30 días BALDERAS, Sheila, DEL TORO, Juan, ALVARADO, Brenda y LEÓN-Angel	531-537
Sistema Acuapónico PÉREZ, Manuel, TÉLLEZ, Rubén, AVELINO, Roberto y TENORIO, Fermín	538-546
Híbridos de sorgo para grano: Rendimiento del primer ciclo PADILLA, José, AVENDAÑO, Adriana, SÁNCHEZ, José y JIMÉNEZ, Angel	552-555
Extracción total de las antocianinas del maíz azul <i>tzirantza</i> y de sus productos nixtamalizados GARCIA, Liliana, YAHUACA, Berenice, CORTEZ, Consuelo y VÁZQUEZ, Pedro	595-600
Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia VELARDE-RODRÍGUEZ, María Guadalupe, BELTRÁN-ACOSTA, Ana Cristina, PICHARDO-VELARDE, Jorge Gerardo y AMEZCUA-VEGA, Claudia	631-639
<i>Instrucciones para Autor</i>	
<i>Formato de Originalidad</i>	
<i>Formato de Autorización</i>	

Propiedades de Doce Razas Occidentales de Maíz Nativo (*Zea mays* L. poaceae) para Elaboración de Tortilla

JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel*†, VÁZQUEZ-CARRILLO, Gricelda, RODRÍGUEZ-CHÁVEZ, Reyna y CARRIZALES-MEJÍA, Norberto

Instituto para Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México. Departamento de Producción Agrícola, CUCBA, Universidad de Guadalajara.

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 25 de Septiembre, 2015

Resumen

Evalúamos colectas de Ancho, Bofo, Dulce, Elotes occidentales, Elotero de Sinaloa, Jala, Reventador, Pepitilla, Ratón, Tabloncillo, Tabloncillo perla y Tuxpeño, de Jalisco y Nayarit, para identificar calidad de grano y tortilla. Hubo significancia estadística para todos los caracteres ($p < 0.05$). Observamos variación en color de grano (blanco, moteado, naranja, morado y negro), textura (semiharinosa a cristalina), tamaño (pequeño a grande), dureza (muy suave a dura), proporción de pedicelo, pericarpio y germen (reducido a grande). Maíces que cumplen los requerimientos industriales son Liso y Ratón de color blanco, peso hectolítrico >74 kg hL⁻¹, grano duro, desprendimiento del pericarpio $<40\%$, endosperma cristalino $>62\%$ y poco pedicelo $<5.5\%$, aunque no tienen germen grande ($<13\%$). Tuxpeño chino y Tabloncillo mostraron buen color, peso hectolítrico, endosperma cristalino y poco pedicelo, pero adolecieron en dureza del grano, desprendimiento de pericarpio y tamaño del germen. Tabloncillo, Tuxpeño chino, Ratón, Pepitilla y Liso son los mejores en conversión nixtamal a masa (1.92 a 2.0 kg de masa kg de maíz nixtamalizado-1); peso de tortilla caliente (174 a 185 g); rendimiento de tortilla caliente (1.50 a 1.57 kg tortilla kg de maíz nixtamalizado-1); peso (169 a 179 g) y rendimiento de tortilla fría (1.46 a 1.49 kg tortilla kg maíz nixtamalizado-1).

Maíz nativo, calidad masa, tortilla.

Abstract

Western Mexico maize landraces Ancho, Bofo, Dulce, Elotes occidentales, Elotero de Sinaloa, Jala, Liso, Pepitilla, Ratón, Tabloncillo, Tabloncillo perla and Tuxpeño, from the states of Jalisco and Nayarit, were evaluated to determine grain and tortilla quality. Results show variation in grain color (white, specked, orange, purple and black), size (small to large), hardness (soft to very hard), pedicel, pericarp and embryo proportion (small to large). Liso and Ratón samples fits industrial requirements with white and hard grain, hectoliter weight >74 kg hL⁻¹, pericarp loss $<40\%$, corneus endosperm $>62\%$ and small pedicel $<5.5\%$, although they have small embryo proportion ($<13\%$). Tuxpeño chino and Tabloncillo showed adequate white color, hectoliter weight, corneus endosperm and small pedicel, but had insufficient pericarp loss, hardness and embryo size. Tabloncillo, Tuxpeño chino, Ratón, Pepitilla and Liso were the best races for nixtamal to dough conversion (1.92 a 2.0 kg dough kg nixtamalized grain-1); hot tortilla weight (174 a 185 g); hot tortilla yield (1.50 a 1.57 kg tortilla kg nixtamalized grain-1); weight (169 a 179 g) and cold tortilla yield (1.46 a 1.49 kg tortilla kg nixtamalized grain-1).

Maize landraces, dough, tortilla quality.

Citación: JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel, VÁZQUEZ-CARRILLO, Gricelda, RODRÍGUEZ-CHÁVEZ, Reyna y CARRIZALES-MEJÍA, Norberto. Propiedades de Doce Razas Occidentales de Maíz Nativo (*Zea mays* L. poaceae) para Elaboración de Tortilla. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-4: 519-530

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ajc_swlabr@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En México, la tortilla elaborada con maíz, es la principal forma de consumo de este grano. En el abundante acervo genético de los maíces de nuestro país, existen numerosas variantes que reúnen los componentes esenciales para elaborar tortilla. El objetivo del trabajo fue identificar las características de grano, nixtamal, masa y tortilla de cultivares nativos de doce razas de maíz del occidente de México. La calidad del grano para tortilla. La industria de harina nixtamalizada, necesita maíz de alto rendimiento industrial y que satisfaga un mínimo de aspectos que el consumidor desea. Existe una estandarización entre lo que la industria de harinas requiere y lo que la industria de semillas puede hacer para sincronizarse con la demanda. Pero no se toman en cuenta aspectos de la calidad presentes durante siglos y que muchos habitantes de nuestro país prefieren, propiedades organolépticas, como sabor, olor, textura y color, para las cuales los maíces fueron seleccionados durante siglos. La norma mexicana NMX-034, 2002 de maíz para nixtamalización, señala los siguientes parámetros de calidad:

- El grano debe ser íntegro, no más de 3% de grano quebrado
- Máximo de impurezas 2% y otros daños no más del 5%
- Color crema o blanco uniforme
- Densidad aparente mayor a 74 kg hL⁻¹
- Índice de flotación menor a 40%
- Humedad de nixtamal entre 36 y 42%
- Pérdida de materia seca inferior a 5%

- Pericarpio remanente en el nixtamal 40%
- Pedicelo menor a 5.5%, germen mayor a 13%

La industria de harina nixtamalizada, reconoce que la calidad depende del color del grano, la granulometría, la absorción de agua, la gelatinización del almidón y la textura de la masa hidratada (Vázquez et al., 2008). Desde el punto de vista industrial, las características esenciales del grano son rendimiento, propiedades físicas y químicas, tecnológicas, fitosanitarias y nutrimentales (Bressani, 2008). Características físicas y químicas del grano. Las características físicas y químicas del grano de maíz determinan los métodos de procesamiento y la calidad de masa y tortilla, como textura, sabor y color del producto final. Entre 86 y 89% del endosperma del maíz es almidón (French, 1984), cuya morfología tamaño y características moleculares son propias de cada población racial. El almidón está compuesto por amilosa de cadena lineal, y amilopectina de cadena ramificada. Dentro de los gránulos, el almidón tiene un arreglo semicristalino y la cristalinidad se debe al ordenamiento y longitud de las cadenas de amilopectina (Robin et al., 1974; Hizuruki, 1986; Oates, 1997). La proporción de amilosa y amilopectina en el endosperma, da lugar a la textura. Los maíces con una proporción mayoritaria de amilosa son de textura harinosa o suave; si el tejido del endosperma contiene amilopectina en forma preponderante, la textura es cristalina o dura (Rojas-Molina et al., 2007). Existen texturas intermedias que pueden ser semiharinosas o semicristalinas, de acuerdo al contenido de uno u otro almidón. Para harina nixtamalizada, las variedades con mayor peso o volumen y con endospermo duro son superiores.

El maíz de endosperma duro o cristalino, tiene mejores propiedades de procesamiento cuando se realiza la cocción para nixtamalizarlo; tiene períodos de cocción más prolongados, aunque su cocción es más predecible y pierden menos materia seca que los maíces de endosperma suave (Rooney y Serna-Saldívar, 1987). En los maíces duros, los gránulos de almidón se encuentran inmersos en una densa matriz de proteína que los rodea por completo. El endosperma es más compacto y dificulta que el almidón absorba el agua. En consecuencia, el rendimiento y la textura de la masa están afectados por la textura del endosperma, por el grado de secado, las condiciones de almacenamiento y la calidad e integridad de los granos de maíz. Los maíces con diferente endosperma requieren períodos de procesamiento distintos para llegar al mismo grado de cocción, lo que se refleja en la ruptura del pericarpio. La dureza del endospermo, que está determinada por la relación amilosa/amilopectina en el almidón, afecta significativamente la plasticidad de la masa preparada por el método de cocción del maíz con cal. Durante la nixtamalización, hay una gelatinización total de los gránulos de almidón en las capas externas y en el 10% del endosperma exterior, y una gelatinización parcial de las capas más internas del endosperma. Las siguientes son las principales características de calidad para producción de harina, tortilla y otros alimentos de maíz nixtamalizado (Rojas-Molina et al., 2007; Arámbula-Villa, et al., 2004; Salinas y Vázquez, 2006; Vázquez et al., 2008):

- Maíz poco dentado, con alta proporción de endosperma duro.
- Grano con maduración completa y natural, sano, sin roturas e impurezas, limpio, de color brillante, sin daño de hongos o insectos.

- Alta densidad de grano, bajo porcentaje de granos flotadores.
- Grano blanco de olote blanco.
- Pericarpio de fácil remoción.
- Baja pérdida de sólidos durante la nixtamalización.

Características tecnológicas. La nixtamalización, proceso crucial en la industria de masa y tortilla (IMyT) y de harina de maíz nixtamalizada, fue desarrollada, muy probablemente, por las mujeres de las culturas precolombinas, y en su esencia, no ha sido superada por la tecnología moderna (Bressani, 1990; Serna Saldívar, 1990). En el tratamiento alcalino del maíz durante el remojo y la cocción, es crítica la difusión del agua e iones de calcio que llegan al interior del grano. Este fenómeno da lugar a cambios fisicoquímicos en las estructuras anatómicas del pericarpio, el endosperma y el germen, que se reflejan en las propiedades nutrimentales y sensoriales de los productos finales (Paredes-López y Sarahopulos, 1982; Bressani et al., 1990; Serna et al., 1990). El calcio se incorpora durante la cocción alcalina solo a las capas externas del endosperma, aproximadamente en el 20% de este tejido (Gutiérrez et al., 2007). Durante la cocción alcalina del maíz, las fracciones de hemicelulosa y lignina del tejido del pericarpio se solubilizan, y pasan al nejayote, el líquido residual con el que se eliminan las capas externas del grano (González et al., 2004). El remojo del nixtamal resulta en la pérdida de minerales y fibra (Gutiérrez et al., 2007). La calidad tecnológica es de poca importancia para el pequeño productor en las regiones de agricultura tradicional de México, en donde rara vez se utilizan otros granos que los de su propia cosecha. El ama de casa rural sabe ajustar las condiciones de cocción de acuerdo al maíz que dispone para su consumo (Vázquez et al. 2008).

Materiales y métodos

Se estudiaron colectas de las razas de maíz nativo Ancho, Bofo, Dulce, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Jala, Reventador, Pepitilla, Ratón, Tabloncillo, Tabloncillo Perla y Tuxpeño, de Jalisco y Nayarit.

Las muestras de un kilogramo de grano de las doce razas, se obtuvieron del Campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, U DE G. El análisis se realizó en el Laboratorio de Calidad de Maíz del Campo Experimental del Valle de México, INIFAP.

Resultados y discusión

Características físicas del grano. Todas las variables sobre características del grano analizadas, mostraron significancia estadística ($p < 0.05$), excepto proporción de pedicelo. Al evaluar la densidad aparente, medida como peso hectolítrico, las colectas con mayor expresión fueron Tabloncillo, Reventador y Tabloncillo Perla, con valores entre 75 y 79 kg hL-1 (Gráfica 1), superiores a los 74 kg hL-1 de la norma.

La densidad, como indicador de dureza del grano, se obtuvo por índice de flotación; entre más duro el grano tiene menor flotación, entre más suave tiene mayor flotación. Los maíces con mayor dureza, fueron Reventador y Ratón (duro); las colectas de Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Pepitilla, Ancho y Dulce presentaron un grano muy suave (Gráfica 1). Reventador con grano muy duro es el único maíz nativo estudiado que llena el requisito de dureza para la industria de harina nixtamalizada, de acuerdo a los criterios señalados por Vázquez et al. (2008), aunque los duros se ajustan a las necesidades de la Industria de Masa y Tortilla. Cuando se elabora harina nixtamalizada, son mejores las variedades con mayor peso hectolítrico y con endosperma duro. Maíces con estas características permiten obtener un mayor rendimiento de masa. El contenido de materia seca en la masa, depende de la textura del maíz (Bressani y Scrimshaw, 1958; Cortez y Wild-Altamirano, 1972).

VARIABLES	METODO O REFERENCIA
Humedad en grano	Método 44-11. AACC. Método dieléctrico (1976).
Peso hectolitrico	Método 84-10. AACC. Balanza hectolitrica (1976).
Dureza del grano	Método indirecto por flotación Pomeranz <i>et al.</i> (1984). Salinas <i>et al.</i> (1992).
Peso de 100 granos	Peso en báscula
Color del grano	Colorimetro de reflectancia Hunterlab
Textura del grano	Por disección. Salinas y Vázquez (2006)
Determinación de almidón de granos de maiz	Salinas y Vázquez (2006)
Calidad de nixtamal	Salinas y Vázquez (2006)
Pericarpio remanente en grano nixtamalizado	Salinas y Vázquez (2006)
Humedad en nixtamal	Salinas y Vázquez (2006)
Humedad en masa	Salinas y Vázquez (2006)
Rendimiento de masa	Salinas y Vázquez (2006)
Humedad de tortilla	Salinas y Vázquez (2006)
Color de tortilla	Colorimetro de reflectancia Hunterlab
Rendimiento de tortilla	Salinas y Vázquez (2006)
Almidón, amilosa y amilopectina	Salinas y Vázquez (2006)

Tabla 1 Variables y metodología utilizada para su determinación en doce razas de maíz del occidente de México.

En la Tabla 1 se incluyen las variables estudiadas y los métodos para su determinación en el grano de doce razas de maíz del occidente de México.

El color de grano estimado en colorímetro Hunterlab, proporciona el valor croma; los granos más blancos tienen un croma bajo, los granos oscuros un croma alto. El grano blanco más claro correspondió a la colecta M05011 de Tabloncillo; con un color ligeramente menos blanco siguieron Pepitilla, Tabloncillo (M05001) y Tabloncillo perla (Gráfico1). La industria requiere grano color blanco o crema para obtener tortilla blanca, y los maíces señalados cumplen con el requisito. El color de Elotes Occidentales y Elotero de Sinaloa es oscuro y no es aceptado en la industria, aunque es muy apreciado en la cocina tradicional.

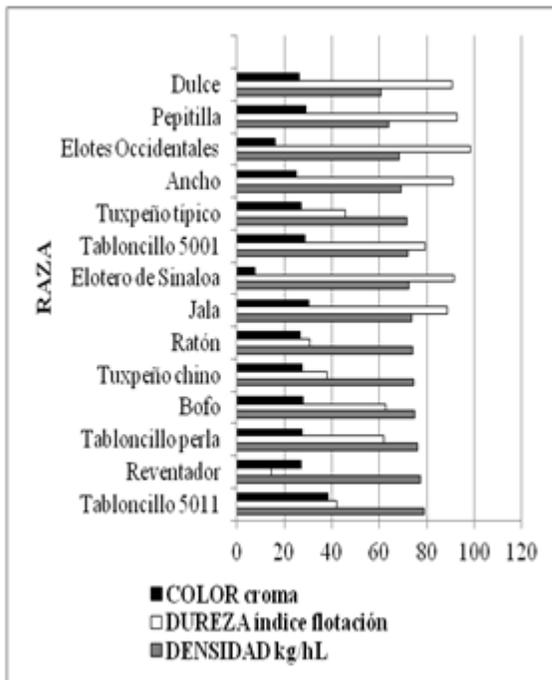


Gráfico 1 Color, dureza y densidad del grano de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

En la Gráfico 2 se muestra que colectas de las razas Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Reventador y Ratón tienen la mayor proporción de endosperma cristalino (62.4 a 68.9%). Las razas Ancho, Tabloncillo, Tuxpeño (chino), Jala, Pepitilla y Elotero de Sinaloa, tienen un contenido de endosperma cristalino entre 49 y 60%.

Los granos con 48% o más endosperma córneo o cristalino, requieren más tiempo de cocción, pero tienen mejores propiedades de procesamiento (Rooney y Serna-Saldívar, 1987), porque tienen un mayor rendimiento de masa o harina nixtamalizada. Los granos de textura suave o harinosa se cuecen más rápido al nixtamalizarlos, pero tienen mayor pérdida de sólidos.

Las colectas con una menor proporción de pericarpio son de las razas Elotes occidentales, Tabloncillo Perla, Bofo, y Tabloncillo (M05011), con un valor inferior a 4.4% (Gráfica 3). Las razas con más pericarpio son Dulce, Tuxpeño (chino) y Pepitilla (6.1 a 9.2%). Entre menos pericarpio tenga el grano, habrá un residuo menor en el nixtamal, lo cual es deseable para una mejor calidad y cantidad de tortilla (González et al., 2004).

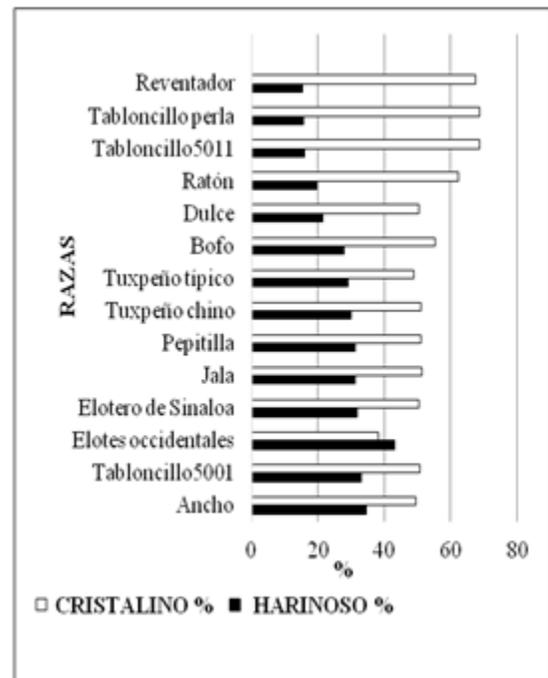
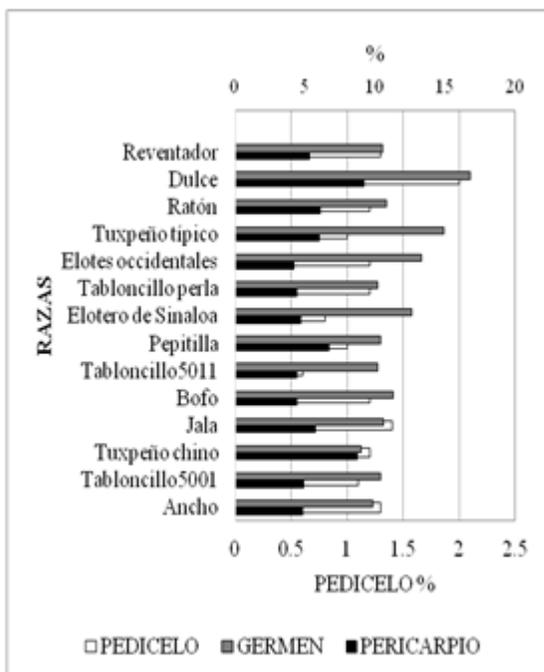


Gráfico 2 Proporción de endosperma cristalino y harinoso del grano de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

Todas las razas estudiadas mostraron una proporción de pedicelo menor a 2% (Gráfica 3). Las razas de este trabajo cumplen el requisito de pedicelo menor a 5.5% (Norma Mexicana de Maíz para Nixtamalización NMX-034, 2002). Tuxpeño típico, Pepitilla, Elotero de Sinaloa y Tabloncillo tienen el menor tamaño de pedicelo al mostrar valores <1%.

Las colectas con el germen o embrión más grande, son de las razas Dulce, Tuxpeño (típico) y Elotes occidentales con valores superiores a 13% (Gráfica 3). Los maíces con germen grande son preferidos para elaborar harinas nixtamalizadas (>13%), porque el aceite que contiene el germen contribuye a la suavidad y elasticidad de la tortilla. En el extremo inferior, las colectas de la raza Tuxpeño chino y Ancho presentan un porcentaje de germen con un valor menor a 9.8%.

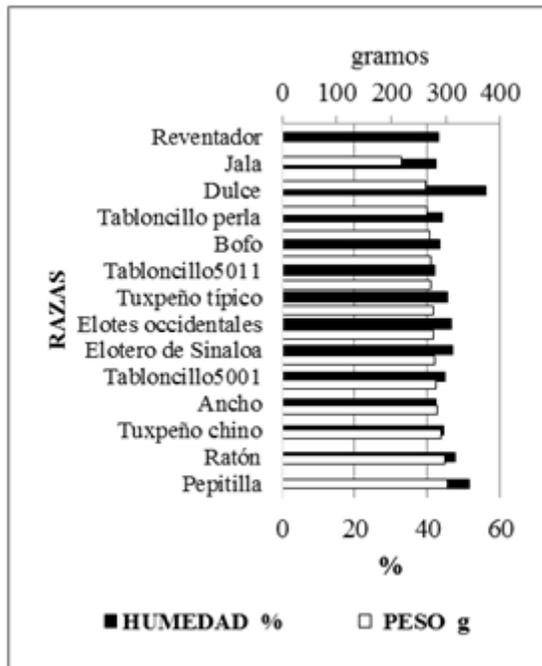


Gráfica 3 Proporción de pedicelo, germen y pericarpio en el grano de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

Características del nixtamal. Las cuatro variables de nixtamal estudiadas, mostraron diferencia estadísticamente ($p < 0.05$). Es deseable una humedad de nixtamal entre 36 y 42% para consumir menos energía al elaborar la tortilla. Las razas que presentan un menor contenido de humedad en el nixtamal son Tabloncillo (M05011), Jala y Ancho con valores inferiores al 42% de humedad (Gráfica 4). Las colectas de las razas Dulce, Pepitilla y Ratón, presentan una mayor absorción de agua en nixtamal con valores que superan el 47%. Las colectas de la raza Pepitilla, Ratón, Tuxpeño (chino) y Ancho cuentan con un peso de nixtamal superior a 283 gramos (Gráfica 4). Pepitilla y Ratón tienen más nixtamal (302 y 297 gramos), pero también tienen el mayor contenido de humedad (>47%). En cambio Ancho y Tuxpeño (chino), tienen peso elevado de nixtamal (284 y 292 gramos) pero un menor contenido de humedad (42 y 44%), lo que los hace más convenientes en términos de uso industrial. La raza Reventador presenta el menor peso de nixtamal con un valor de 218 gramos.

Todas las razas estudiadas tienen pérdida de sólidos al nixtamalizar, que no alcanza el 5%. Tabloncillo (M05011), Dulce, Pepitilla, Bofo y Jala tienen la menor pérdida de sólidos, inferior al 1.7% (Gráfica 5). La norma oficial señala que esta pérdida no debe superar el 5%. Una menor pérdida de materia al nixtamalizar el grano, resulta en una mayor conversión a masa.

Las colectas de las razas Tuxpeño (chino), Jala, Pepitilla, Ratón y Ancho presentan desprendimiento del pericarpio adecuado, con rango de 23 a 32.7% (Gráfica 5), que es inferior al parámetro industrial (<40%).

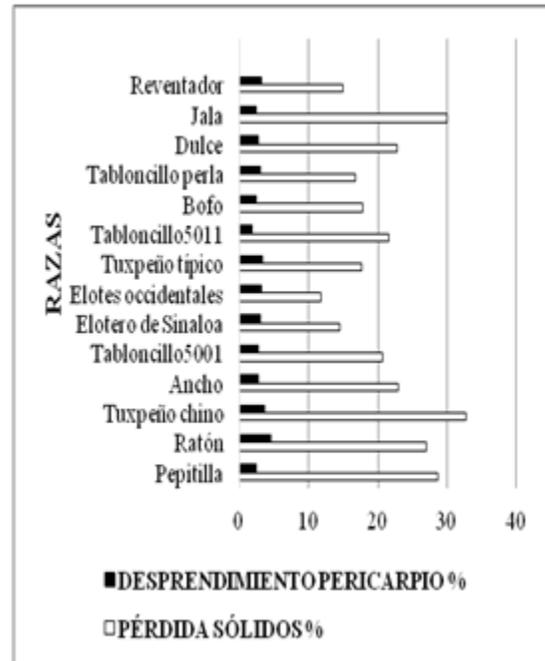


Gráfica 4 Humedad y peso de nixtamal de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

En la cocción alcalina del grano, la hemicelulosa y lignina del tejido del pericarpio se solubilizan, y se eliminan en el líquido residual o nejayote (González et al., 2004). Entre menos pericarpio tenga el grano, habrá un residuo menor en el nixtamal, lo cual es deseable para una mejor calidad y cantidad de tortilla.

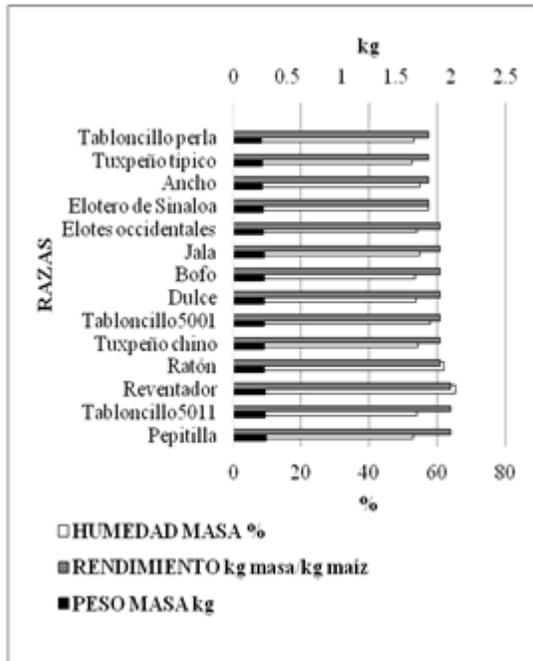
Características de masa. No se encontró diferencia estadística en las variables para masa, excepto humedad; Reventador, Ratón, Tabloncillo (M05001) y Elotero de Sinaloa (57.6 a 65.5%) presentaron la mayor humedad (Gráfica 6).

Solo se observó una tendencia para mejor conversión de nixtamal a masa en Tabloncillo (M05011), Pepitilla y Reventador con valores de 2.0 kg masa kg maíz nixtamalizado-1, y las mismas razas en la variable mayor peso de masa con un valor superior a 293 gramos

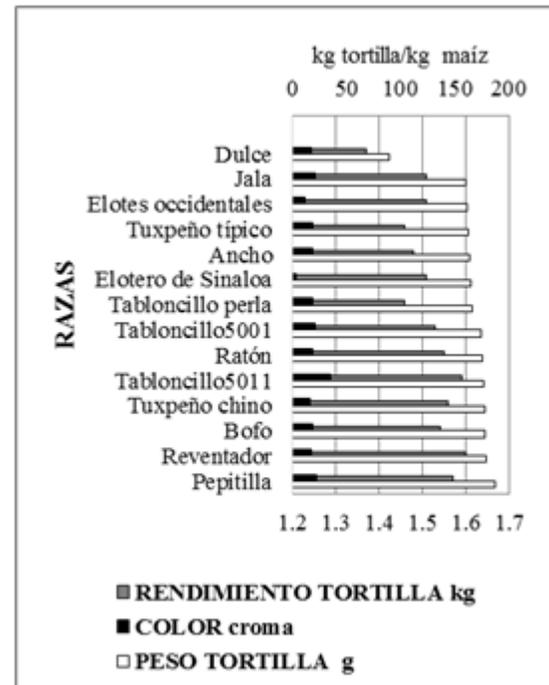


Gráfica 5 Desprendimiento de pericarpio y pérdida de sólidos en la nixtamalización del grano de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

Características de tortilla. Las razas con características de tortilla caliente más sobresalientes son Pepitilla, Reventador, Bofo y Tuxpeño (chino), como se muestra en la Gráfica 7. Las colectas de estos grupos raciales muestran los mejores valores de peso (177 a 187 gramos), rendimiento (1.54 a 1.60 kg tortilla kg maíz nixtamalizado-1), aunque su humedad también fue la mayor (40.8 a 45.4%). En cuanto a color, Tabloncillo (M05011) y Pepitilla fueron los materiales con color de tortilla más blanco, mientras Elotero de Sinaloa y Elotes occidentales mostraron la tortilla más oscura (Gráfica 7).

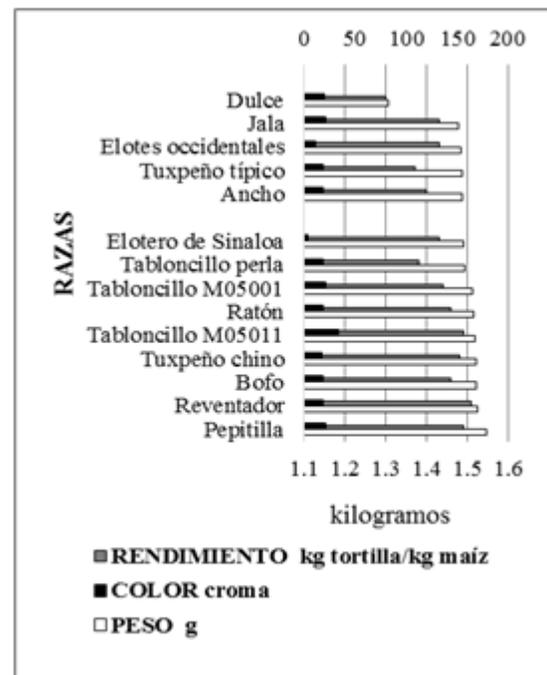


Gráfica 6 Humedad, rendimiento y peso de masa en doce razas de maíz nativo del occidente de México.



Gráfica 7 Rendimiento, color, y peso de tortilla caliente en doce razas de maíz nativo del occidente de México.

El peso de tortilla fría (Gráfica 8) es mayor en las colectas de la raza Tuxpeño (chino), Reventador y Pepitilla con un valor superior a 169 gramos. El menor peso de tortilla fría se presenta en la colecta de la raza Jala y Dulce con un valor inferior a 152 gramos. En las colectas de las razas Tabloncillo, Pepitilla y Reventador se presenta el mayor rendimiento de tortilla fría con un valor mayor a 1.49 kg tortilla kg maíz nixtamalizado-1. El menor rendimiento de tortilla fría se presenta en las colectas de las razas Tabloncillo Perla, Tuxpeño y Dulce con un valor inferior a 1.38 kg tortilla kg maíz nixtamalizado-1.

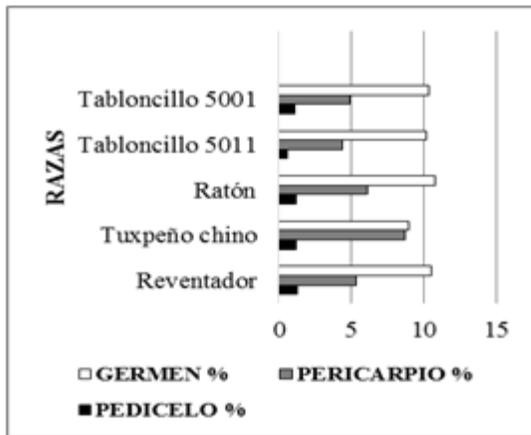


Gráfica 8 Rendimiento, color, y peso de tortilla fría en doce razas de maíz nativo del occidente de México.

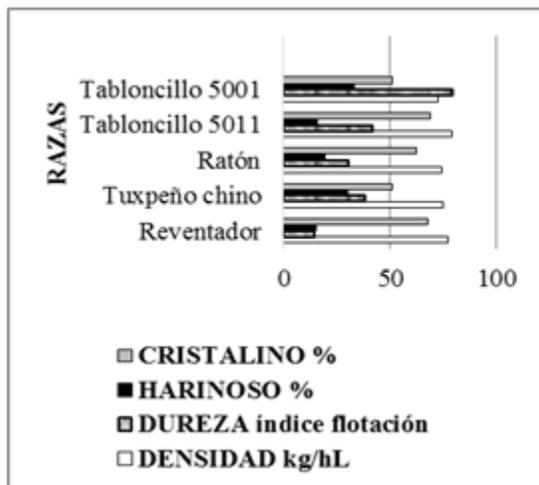
Evaluaciones de maíces de INIFAP (Vázquez et al., 2008) muestran como mejor rendimiento de tortilla caliente en híbridos un valor de 1.5 kg; rendimiento de tortilla fría en el orden de 1.46 kg. Esta evidencia indica que las razas mencionadas poseen características de conversión nixtamal a tortilla, similares a los híbridos.

Razas con características adecuadas para la Industria de Masa y Tortilla (IMyT).

Las razas con utilidad potencial para esta industria son Tabloncillo (M05001 y M05011), Ratón, Tuxpeño (chino) y Reventador. En las Gráficas 9 y 10 se encuentran las características de grano de las colectas de estos complejos raciales.



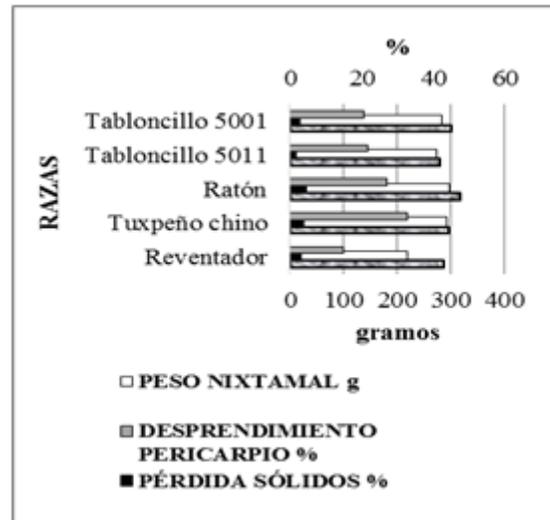
Gráfica 9 Proporción de germen, pericarpio y pedicelo de cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.



Gráfica 10 Proporción endosperma cristalino y harinoso, dureza y densidad del grano de cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.

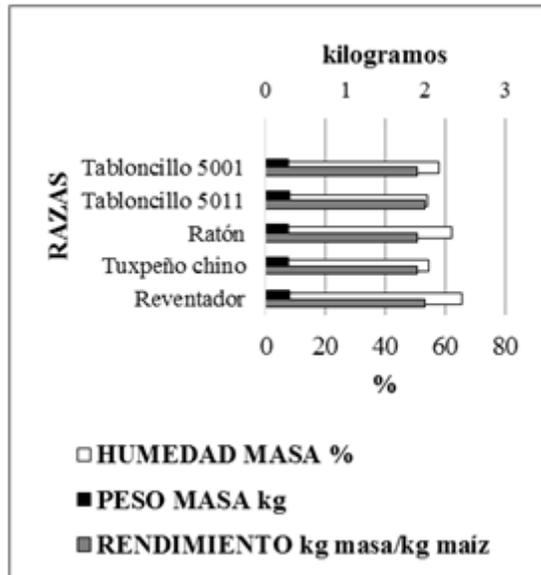
Los valores observados en estos materiales son inferiores o muy cercanos a los requeridos en la norma (Norma Mexicana de Maíz para Nixtamalización NMX-034, 2002).

Datos relativos al nixtamal de las colectas de estas razas, se encuentra en la Gráfica xx. La literatura (Vázquez et al. 2008) muestra que el nixtamal de híbridos para tortilla tienen xxx, por lo que el material estudiado se considera dentro de lo apropiado para elaborar tortilla.



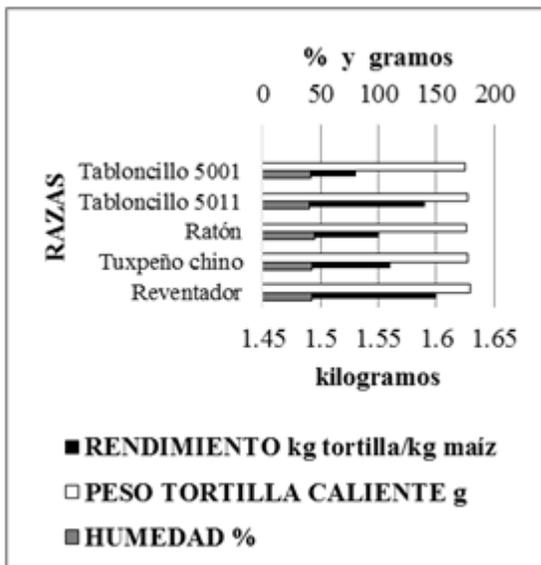
Gráfica 11 Peso, proporción de pericarpio desprendido y pérdida de sólidos en el nixtamal de cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.

Las características de la masa del grupo de maíces con potencial industrial, se anotan en la Gráfica 12.



Gráfica 12 Humedad, peso y rendimiento de masa en cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.

Por último, las variables de tortilla se encuentran representadas en la Gráfica 13.



Gráfica 13 Humedad, peso y rendimiento de tortilla caliente en cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.

La información obtenida muestra que varias de las razas estudiadas tienen características adecuadas para la Industria de Masa y Tortilla, como son Tabloncillo (M05001 y M05011), Ratón, Tuxpeño (chino) y Reventador. Razas por su grano oscuro (Gráfica 1) como Elotes Occidentales (morado) y Elotero de Sinaloa (negro), o por su grano suave o semiduro como Pepitilla, Ancho y Jala (Gráfica 1), no son convenientes para propósitos industriales, aunque sus propiedades organolépticas (color, olor, sabor, textura) son altamente apreciadas en las áreas rurales, en ciudades pequeñas y en sectores ciudadanos donde puede obtenerse la “tortilla criolla”, preparada en forma tradicional.

Conclusiones

Colectas de los complejos raciales Tabloncillo (M05001 y M05011), Ratón, Tuxpeño (chino) y Reventador, tienen particularidades en su grano que pueden ser adecuadas para la elaboración industrial de tortilla.

Las razas Pepitilla, Ancho y Jala con grano de textura suave, no llenan las necesidades de la Industria de Harina Nixtamalizada ni la de Masa y Tortilla, las cuales necesitan granos duros.

Las razas Elotes Occidentales y Elotero de Sinaloa con su grano oscuro y suave, tampoco se ajustan al requerimiento industrial.

En los dos últimos grupos señalados, aunque no tienen aceptación industrial, su tortilla es preferida en los hogares rurales, ciudades pequeñas y entre consumidores de las ciudades grandes que aprecian la calidad de esta clase de maíces, preparados en forma tradicional.

Referencias

- Almeida H., L.W. Rooney. 1996. Avances en la manufactura y calidad de productos de maíz nixtamalizado. Seminario de la asociación americana de soya. México, D.F. Industria alimentaria 6:4-13.
- Arámbula-Villa, G., J.A. Méndez-Albores, J. González-Hernández, E. Gutiérrez-Arias, y E. Moreno-Martínez. 2004. Evaluación de una metodología experimental para determinar características de textura de tortilla de maíz. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54 (2): 216-222.
- Bedolla, S. and L.W. Rooney. 1984. Characteristic of US-Mexican instant maize flour for tortilla and snack preparation. *Cer. Food World* 29:732-735.
- Bello-Pérez, L.A., D.P. Osorio, A.E. Agama, S.C. Núñez y L.O. Paredes. 2002. Propiedades químicas, físicoquímicas y reológicas de masa y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*. 36:319-328.
- Bressani, R. and N.S. Scrimshaw. 1958. Effect of lime treatment on in vitro availability of essential amino acid and solubility of protein fractions in corn. *J. Agr. Food Chem.* &:774-778.
- Bressani, R. 1990. Chemistry technology and nutritive value of maize tortillas. *Food revs. Int.* 6:225-264.
- Bressani, R., Benavides, B., Acevedo, E., and Ortíz, M. A. 1990. Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality-protein maize during rural tortilla preparation. *Cereal Chem.* 67:515-518.
- Bressani, Ricardo. 2008. Cambios nutrimentales en el maíz inducidos por el proceso de nixtamalización. In: Nixtamalización, del maíz a la tortilla, aspectos nutrimentales y toxicológicos. M.E. Rodríguez García, S.O. Serna Saldívar y F. Sánchez Sinencio (Eds.). Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro., México. 313 p.
- González, R., E. Reguera, L. Mendoza, J.M. Figueroa and F. Sánchez-Sinencio. 2004. Physicochemical changes in the hull of corn grains during their alkaline cooking. *J. Agric. Food Chem.*52:3831-3837.
- Gutiérrez, E., I. Rojas-Molina, J. Pons-Hernández, H. Guzmán, B. Aguas-Ángel, J. Arenas, P. Fernández, A. Palacios, G. Herrera and M.E. Rodríguez. 2007. Study of calcium ion diffusion in nixtamalized quality protein maize as a function of the cooking temperatura. *Cereal Chem.* 84:186-194.
- Hernández García, Armando. 2007. Determinación de la relación amilosa/amilopectina y de algunas propiedades físico químicas de maíces criollos enfocadas a sus usos potenciales. Tesis licenciatura. UNAM, Fac. De Química. México, D.F. 127 p.
- Jackson, D. S., Rooney, L. W., Kunze, O. R. and Waniska, R. D. 1988. Alkaline processing properties of stress cracked and broken corn (*Zea mays* L.). *Cereal Chem.* 65:133-137.
- Martínez-Bustos, F., H.E. Martínez-Flores, E. Martín-Martínez, F. Sánchez-Sinencio, Y.K. Chang, D. Barrera-Arellano and E. Ríos. 2001. Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalization process. *J. Sci. Food Agric.* 81(15):1455-1462.

Narváez-González, E.D., J.D. Figueroa-Cárdenas, S. Taba. 2007. Aspectos microestructurales y posibles usos del maíz de acuerdo con su origen geográfico. *Rev. Fitotec. Mex.* 30:321-325.

Norma mexicana para maíces destinados al proceso de nixtamalización. 2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano, cereales maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado. Especificaciones y métodos de prueba. SAGARPA dirección general de normas. México D.F. 18p.

Paredes López, O. and M.F. Sarahopulos. 1982. Scanning electron microscopy studies of lime corn kernels for tortilla making. *J. Food. Tec.* 17:687-693.

Rojas Molina, I., E. Gutiérrez-Cortez, A. Palacios-Fonseca, L. Baños, J.L. Pons Hernández, S.H. Guzmán Maldonado, P. Pineda Gómez and M.E. Rodríguez. 2007. Study of structural and thermal changes in endosperm of quality protein maize during traditional nixtamalization process. *Cereal Chem.* 84(4):304-312.

Rooney, L.W. and E.L. Suhendro. 1999. Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortillas and snacks. *Cereal Foods World* 44:466-470.

Rooney, L. and S.O. Serna-Saldívar. 1987. Food uses of whole corn and dry milled fractions. In: S.A. Watson and P.E. Ramsted (eds.). *Corn (Zea mays L.) chemistry and technology.* Am. Ass. Of Cer. Chemists, St. Paul, pp. 339-429.

Salinas Moreno, Y. y P. Pérez Herrera. 1997. Calidad nixtamalera-tortillera en maíces comerciales de México. *Rev. Fitot. Mex.* Vol 20. 121-136.

Salinas Moreno, Y. y M.G. Vázquez Carrillo. 2006. Metodologías de Análisis de la Calidad Nixtamalero-Tortillera en Maíz. Folleto Técnico No. 24. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Edo de México. México. 91 p.

Steel, Robert G.D. and James H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. MacGraw Hill book, Inc. New York. 481 p.

Serna-Saldívar, S.O.; Gomez, M.H. and Rooney, L.W. 1990. The chemistry, technology and nutritional value of alkaline-cooked corn products. In: Pomeranz, Y. (ed.). *Advances of cereal science and technology.* Am. Ass. Cereal Chem. St. Paul, MN. 10:243-307.

Vázquez Carrillo, M.G., J.L. Ramírez Díaz, V.A. Vidal Martínez, M. Chuela Bonaparte, G.A. Velázquez Cardelas, E. Betanzos Mendoza y Y. Salinas Moreno. 2008. Caracterización de maíces subtropicales del INIFAP para la producción de harina nixtamalizada y tortillas. Folleto Técnico No. 2. INIFAP. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán, Jal. México. 36 p.

Vázquez Carrillo, M.G., J.P. Pérez Camarillo, J.M. Hernández Casillas, M.L. Marrufo Díaz y E. Martínez Ruiz. 2010. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, México. *Fitot. Mex.* Vol. 33 núm 4. pp. 49-56. Chapingo, Méx.

Vázquez Carrillo, M.G., A. Ortega Corona, M.J. Guerrero Herrera, B. Coutiño Estrada. 2011. Evaluación bioquímica e industrial de razas de maíz nativas de la región serrana de Sonora. In: *Aptitud, mejoramiento, usos y riesgos de la diversidad genética de maíz en México,* R.E. Preciado Ortiz y S. Montes Hernández (eds.). Soc. Mex. Fit., Chapingo, Méx. pp. 97-142.

Estudio de la toxicidad del extracto etanólico de *Justicia spicigera* en ratas tratadas por vía oral durante 30 días

BALDERAS, Sheila*†, DEL TORO, Juan, ALVARADO, Brenda y LEÓN-Angel

Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca-Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 25 de Septiembre, 2015

Resumen

En México, de acuerdo con datos de la ENSANUT, 2012, 6.4 millones de mexicanos fueron diagnosticados con diabetes. Actualmente, existen diversos reportes en la literatura científica que avalan el uso de las plantas para el tratamiento de la DM2. *Justicia spicigera* (JS) está ampliamente distribuida en la Huasteca Potosina y recientemente ha sido demostrado que el extracto etanólico de JS tiene un efecto hipoglucemiante en modelos de ratas normoglicémicas y diabetizadas; sin embargo sólo se ha evaluado la toxicidad aguda por lo que es necesario evaluar la toxicidad por tiempos prolongados. La toxicidad oral se evaluó en ratas machos Wistar administradas diariamente por vía oral con el EEJS durante 30 días. Los resultados mostraron que la administración del EEJS indujo efectos adversos leves, sobre todo relacionados con anomalías en el comportamiento. Estudios adicionales se están desarrollando para determinar su toxicidad por periodos prolongados.

Toxicidad, *justicia spicigera*, Diabetes Mellitus tipo 2

Abstract

In Mexico, according to data from the ENSANUT, 2012, 6.4 million of Mexicans were diagnosed with diabetes mellitus (DM). Currently, there are several reports in the scientific literature supporting the use of plants for the treatment of T2DM. *Justicia spicigera* (JS) is widely distributed in Huasteca Potosina and its ethanolic extract (EEJS) has recently been shown that has a hypoglycemic effect in normoglycemic rats and streptozotocin-induced DM model; however only its acute toxicity has been evaluated. therefore, it is necessary to evaluate the toxicity for prolonged periods. Oral toxicity was evaluated by repeated dose administration model for 30 days. The results showed that administration of EEJS induced mild adverse effects, particularly related to behavioral abnormalities. Additional experiments are currently being carried out in our laboratory to evaluate its chronic toxicity.

Toxicity, *justicia spicigera*, Diabetes Mellitus tipo 2

Citación: BALDERAS, Sheila, DEL TORO, Juan, ALVARADO, Brenda y LEÓN-Angel. Estudio de la toxicidad del extracto etanólico de *Justicia spicigera* en ratas tratadas por vía oral durante 30 días. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2015, 2-4: 531-537

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: angel.leon@uaslp.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es una enfermedad crónica degenerativa (ECD) que describe un desorden metabólico de múltiples etiologías y que está caracterizado por la presencia de una hiperglucemia crónica con alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas como resultados de los efectos de la secreción de la insulina, la acción de esta o de ambas (WHO, 1999). En México, de acuerdo con datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT, 2012), 6.4 millones de mexicanos fueron diagnosticados con diabetes.

Actualmente, existen diversos reportes en la literatura científica que avalan el uso de las plantas, sus extractos o sus compuestos activos con propiedades antibacterianas, antimicóticas, antiprotozoarias, relajantes y sedativas o bien contra diversas enfermedades como la hipertensión, el cáncer, y la DM2 (Jorge et al., 2013; Mata et al, 2013; Ortega-Ramírez et al., 2013; Alonso-Castro A et al., 2012; Alonso-Castro A et al., 2011; Jacobo-Salcedo et al., 2011; Alanís-Gárza et al., 2007; Argáez-López, 2003).

Justicia spicigera (JS), “Muicle o Muite” está ampliamente distribuida en la Península de Yucatán y la Huasteca Potosina. Existen reportes en la literatura sobre el uso en la medicina tradicional Mexicana de la infusión de hojas, así como la decocción de las partes aéreas para el tratamiento empírico de la DM2 (Graham, 1990; Braz et al, 2002; Arellano-Rodríguez et al, 2003; Meckes et al., 2004; Vega-Avila et al, 2009; Andrade-Cetto y Heinrich, 2005; Johnson et al, 2006). Recientemente, Ortiz-Andrade et al, 2012, demostraron que el EEJS presentó un efecto hipoglucemiante en ratas normoglicémicas. Efectos similares fueron observados en ratas diabetizadas con estreptozotocina.

Estudios toxicológicos del EEJS en modelos in vivo han sido realizados previamente. Alonso-Castro et al, 2012, evaluaron la toxicidad aguda del EEJS mostró que la dosis letal 50 (DL50) para la administración oral e intraperitoneal fue >5000 mg/kg. En dosis >1600 mg/kg se observaron alteraciones neurológicas (inmovilidad, mareo y sedación) en los ratones, sólo durante las primeras 4 h posteriores al tratamiento. Sin embargo, no existen reportes en la literatura sobre el estudio de la toxicidad del EEJS que permitan determinar su seguridad durante su uso a largo plazo en dosis repetidas. Por lo tanto, en el presente trabajo se llevará a cabo la evaluación de la toxicidad oral del extracto etanólico de *Justicia spicigera* en ratas Wistar tratadas por vía oral durante 30 días.

Metodología

La recolección del material vegetal se realizó en la comunidad de Tanchanaco perteneciente al municipio de Aquismón, S.L.P., (21° 40' 7" N, 99° 2' 4" W) en el mes de julio de 2014 en temporada pluvial. El secado se llevó a cabo a temperatura ambiente (TA) y a la sombra durante 7 días. La pulverización se realizó empleando un molino analítico (Oster). La obtención del extracto se hizo por el método clásico de maceración. Brevemente, 100 g de la planta pulverizada se colocaron en 900 mL de etanol absoluto (proporción 1:10, masa/volumen) y se mantuvo cubierto de la luz durante 7 días a temperatura ambiente.

Al término del proceso de maceración, la mezcla se filtró con papel filtro Whatman No. 2 y se concentró en rotavapor RII (BÜCHI Labortechnik) hasta eliminar el solvente. El extracto obtenido se mantuvo en refrigeración a 4 °C hasta la evaluación toxicológica.

Para la evaluación de la toxicidad oral se emplearon 36 ratas machos de la cepa Wistar, con peso corporal de 100 ± 20 g, procedentes de Harlan laboratories.

Antes de iniciar la evaluación, los animales fueron aclimatados durante 5 días bajo condiciones controladas de temperatura ($22 \pm 2^\circ\text{C}$), humedad ($70 + 5\%$) y ciclos de luz-oscuridad (12/12 horas). La alimentación consistió de una dieta standard a base de alimento Rodent Lab Chow 5001 y agua a libre demanda. Todos los ensayos fueron realizados en apego a la NOM-062-ZOO-2008.

El estudio de la toxicidad oral de dosis repetidas durante 30 días se llevó a cabo de acuerdo a los términos establecidos en la guía para la evaluación de químicos No. 407 de la OECD, 2008. Los animales fueron divididos en 6 grupos con 6 animales cada uno: Control (DMSO al 1% en solución fisiológica), Grupo 1 - 10 mg/Kg/día, Grupo 2 - 25 mg/Kg/día, Grupo 3 - 50 mg/Kg/día, y Grupo 4 - 100 mg/Kg/día. La administración del extracto se realizó diariamente por vía oral durante 30 días. Antes y al final del estudio se determinaron los valores basales hematológicos (RBC, HGB Y HTC) y glucemia. Adicionalmente, se llevó el registro del alimento consumido semanalmente, así mismo, los animales fueron pesados semanalmente y se determinó la ganancia de peso semanal y al finalizar el estudio. Durante todo el estudio, se mantuvo una estricta vigilancia del estado general de los animales registrando cualquier alteración en la apariencia macroscópica de los mismos, las condiciones de la piel y mucosas, mortalidad, alteraciones neurológicas (inmovilidad y/o sedación), y anomalías en el comportamiento (agresividad, irritación, pasividad). Al finalizar los 30 días de tratamiento, los animales fueron sacrificados por anestesia con cloroformo.

Los resultados obtenidos en cada experimento fueron analizados mediante el programa estadístico SigmaStat versión 12.1 (Jandel Scientific, San Rafael, CA) y Statistica 8. Las diferencias estadísticas fueron determinadas mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA ONE-WAY) seguido por un prueba post hoc de Tukey. Un valor de $p \leq 0.05$ se consideró como estadísticamente significativo.

Resultados

En las Tablas 1, 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos del conteo de RBC y los niveles de HGB y HCT durante todo el periodo de estudio. Se puede observar que en el conteo de RBC el grupo al cual se administró 10 mg/Kg del EEJS mostró diferencias estadísticamente significativas respecto a la comparación entre periodos de estudio, basal (25%, $p < 0.05$) y en comparación con el grupo CTL a los 30 días (24%, $p < 0.05$); además se aprecia que los niveles de HTC (Tabla 3) para los grupos tratados con 10 mg/Kg (20.9%, $p < 0.05$) y 25 mg/Kg (18.99%, $p < 0.05$) mostraron diferencias en comparación con el resultado del periodo de evaluación basal. En cuanto al análisis de HGB, en la Tabla 2 se muestra que no existió diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los grupos de estudio en el periodo basal y a los 30 días.

Los resultados del análisis de glicemia en las ratas Wistar se muestran en la Tabla 4. Los niveles de glucosa en sangre analizados en los grupos de estudio en el periodo basal y a 30 días se mantuvieron estables sin mostrar diferencias estadísticamente significativas con excepción del grupo de 100 mg/Kg en el cual se observó un aumento del 28% ($p < 0.05$) con respecto al CTL a los 30 días y en el mismo grupo en los resultados basales.

Grupo de estudio	RBC-10x6 (/uL)	
	Basal	30 días
CTL	7.78 ± 0.659	8.29 ± 0.350
10 mg/Kg	8.33 ± 0.788	6.32 ± 1.931 * #
25 mg/Kg	8.91 ± 0.635	8.02 ± 0.220
50 mg/Kg	8.32 ± 0.698	8.19 ± 0.625
100 mg/Kg	7.96 ± 0.683	8.19 ± 0.125

Tabla 1 Conteo de RBC en sangre periférica de ratas Wistar al finalizar el tratamiento con el EEJS y datos basales.

Grupo de estudio	HGB (g/dL)	
	Basal	30 días
CTL	15.93 ± 1.855	15.88 ± 0.766
10 mg/Kg	17.93 ± 1.817	14.30 ± 2.828
25 mg/Kg	17.60 ± 1.460	14.83 ± 0.499
50 mg/Kg	16.92 ± 1.507	15.38 ± 1.175
100 mg/Kg	16.27 ± 1.301	15.90 ± 0.264

Tabla 2 Niveles de HGB en sangre periférica de ratas Wistar al finalizar el tratamiento con el EEJS y datos basales.

Grupo de estudio	HCT (%)	
	Basal	30 días
CTL	47.13 ± 5.050	46.60 ± 1.926
10 mg/Kg	51.72 ± 3.761	40.90 ± 8.343*
25 mg/Kg	53.43 ± 4.016	43.28 ± 0.665*
50 mg/Kg	50.75 ± 3.844	45.02 ± 3.454
100 mg/Kg	48.38 ± 3.385	46.57 ± 0.750

Tabla 3 Niveles de HCT en sangre periférica de ratas Wistar al finalizar el tratamiento con el EEJS y datos basales.

Grupo de estudio	GLU (g/dL)	
	Basal	30 días
CTL	144.68 ± 10.878	129.35 ± 11.286
10 mg/Kg	119.46 ± 18.537	134.31 ± 11.733
25 mg/Kg	129.33 ± 10.133	144.16 ± 9.625
50 mg/Kg	114.88 ± 4.904	142.10 ± 17.203
100 mg/Kg	125.46 ± 15.032	160.73 ± 23.954**

Tabla 4 Niveles de GLU en sangre periférica de ratas Wistar al finalizar el tratamiento con el EEJS y datos basales.

En la Figura 1 se observan los promedios de los pesos registrados de cada grupo de estudio durante el periodo de evaluación. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos de estudio.

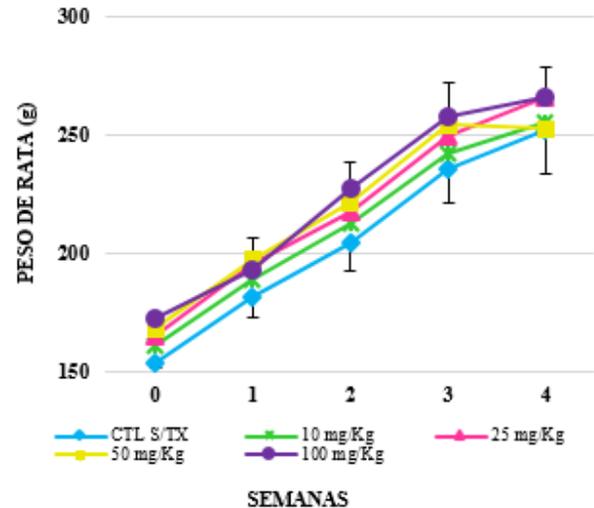


Figura 1 Control de peso corporal de los animales tratados con el EEJS durante 30 días.

La ganancia de peso obtenida en cada grupo de estudio muestra en la Figura 2. Los resultados obtenidos muestran que la ganancia de peso de los grupos tratados con el EEJS no mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo CTL, ($p < 0.05$).

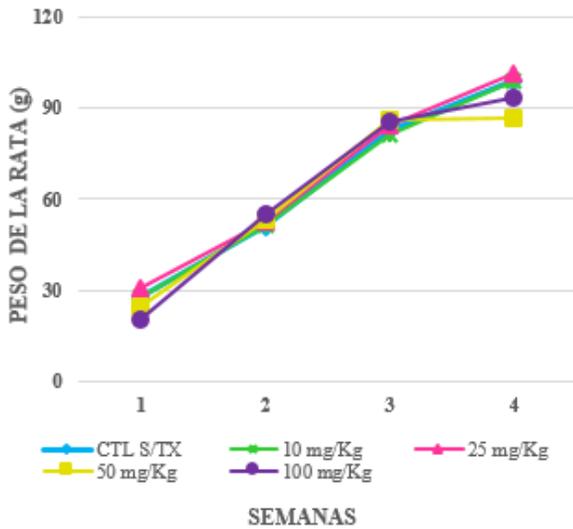


Figura 2 Control de la ganancia de peso de los grupos de estudio de ratas Wistar al inicio y durante el periodo de tratamiento con el EEJS.

El análisis estadístico de los promedios del pesaje del alimento ingerido en cada grupo, semanalmente y al finalizar el estudio, mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos que recibieron el EEJS comparados con el grupo CTL, después de 30 días de tratamiento. (No se muestra la figura).

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos del monitoreo del estado general de las ratas Wistar durante todo el estudio.

Se observa que no se presentó mortalidad en ninguno de los grupos culminando la evaluación con todos los animales asignados desde el inicio del estudio. Respecto a las alteraciones neurológicas se observa que no ocurrieron cambios en cuanto a la inmovilidad y sedación; sin embargo, los grupos tratados con 50 mg/Kg y 100 mg/Kg presentaron agresividad e irritabilidad. Los cambios en las condiciones de piel se presentaron en los grupos de 25 mg/Kg, 50 mg/Kg y 100 mg/Kg.

Estado general de las ratas Wistar		grupos de estudio				
		CTL	10*	25*	50*	100*
mortalidad		0/6	0/6	0/6	0/6	0/6
alteraciones neurológicas	inmovilidad	sc	sc	sc	sc	sc
	sedación	sc	sc	sc	sc	sc
anormalidades del comportamiento	agresividad	sc	sc	sc	+	++
	irritabilidad	sc	sc	sc	+	++
condiciones de piel y mucosas *	pasividad	sc	sc	sc	sc	sc
	piel	sc	sc	+	+	++

Tabla 5 Estado general de las ratas Wistar el periodo de estudio de 30 días.

+ Leve ++ Moderado +++ Intenso
SC: sin cambios

En este parámetro sólo se evaluaron las condiciones de la piel de las ratas Wistar ya que no se presentaron anormalidades en las mucosas.

mg/Kg

Conclusión

La administración diaria por vía oral del EEJS durante 30 días en un modelo in vivo demostró la presencia de efectos adversos leves, sobre todo relacionados con anormalidades en el comportamiento; sin embargo, es importante continuar con la evaluación del EEJS durante un periodo de tiempo prolongado para determinar su toxicidad crónica.

Agradecimientos

Al personal de apoyo técnico del Laboratorio de Investigación Biomédica. Un agradecimiento al Fondo de Inmersión a la Ciencia por el apoyo económico otorgado través del convenio C15-PIFI-06-01.01.

Referencias

- Alanís-Garza BA, González-González GM, Salazar-Aranda R, Waksman de Torres N, Rivas-Galindo VM. (2007). Screening of antifungal activity of plants from the northeast of Mexico. *J Ethnopharmacol*, 114(3):468-71.
- Alonso-Castro AJ, Villarreal ML, Salazar-Olivo LA, Gomez-Sanchez M, Dominguez F, Garcia-Carranca A. (2011). Mexican medicinal plants used for cancer treatment: pharmacological, phytochemical and ethnobotanical studies. *J Ethnopharmacol*, 133(3):945-72.
- Alonso-Castro JA, Maldonado-Miranda JJ, Zarate-Martinez A, Jacobo-Salcedo M del R, Fernández-Galicia C, Alejandro Figueroa-Zuñiga L, Abel Rios-Reyes N, Angel de León-Rubio M, Andrés Medellín-Castillo N, Reyes-Munguia A, Méndez-Martínez R, Carranza-Alvarez C. (2012). Medicinal plants used in the Huasteca Potosina, México. *J Ethnopharmacol*, 143(1):292-8.
- Andrade-Cetto A, Heinrich M. (2005). Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes. *J Ethnopharmacol*, 93,248–325.
- Arellano-Rodríguez JA, Flores Guido JS, Tun J, Garrido MM, Cruz Bojórquez. (2003). Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense*, 20,5–6.
- Argáez-López N, Wachter NH, Kumate-Rodríguez J, Cruz M, Talavera J, Rivera-Arce E, Lozoya X. DIMSS Study Group, 2003. (2003). The use of complementary and alternative medicine therapies in type 2 diabetic patients in Mexico. *Diabetes Care*, 26(8):2470–1.
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT2012). Disponible en <http://ensanut.insp.mx/>. Consultada 21.01.14.
- Graham, VA. Delimitation and infra-generic classification of *Justicia* (Acanthaceae). (1990). *Kew Bulletin*, 43,551–624.
- Jacobo-Salcedo MdR, Alonso-Castro AJ, Salazar-Olivo LA, Carranza-Álvarez C, Gonzalez-Espindola LA, Dominguez F, Maciel-Torres SP, Garcia-Lujan C, Gonzalez-Martinez MdR, Gomez-Sanchez M, Estrada-Castillon E, Zapata-Bustos R, Medellin-Milan P, Garcia-Carranca A. (2011). Antimicrobial and cytotoxic effects of Mexican medicinal plants. *Nat Prod Commun*, 6(12),1925–8.
- Johnson L, Strich H, Taylor A, Timmermann B, Malone D, Teufel-Shone N, Drummond R, Woosley R, Pereira E, Martinez A. (2006). Use of herbal remedies by diabetic Hispanic women in the southwestern United States. *Phytother Res*, 20,250–5.
- Jorge VG, Ángel JR, Adrián TS, Francisco AC, Anuar SG, Samuel ES, Ángel SO, Emmanuel HN. (2013). Vasorelaxant activity of extracts obtained from *Apium graveolens*: possible source for vasorelaxant molecules isolation with potential antihypertensive effect. *Asian Pac J Trop Biomed*, 3(10):776-9.
- Mata R, Cristians S, Escandón-Rivera S, Juárez-Reyes K, Rivero-Cruz I. (2013). Mexican antidiabetic herbs: valuable sources of inhibitors of α -glucosidases. *J Nat Prod*, 76(3):468-83.
- Meckes M, David-Rivera AD, Nava-Aguilar V, Jimenez A. (2004). Activity of some Mexican medicinal plant extracts on carrageenan-induced rat paw edema. *Phytomedicine*, 11,446–51.

OECD. Guideline for the testing of chemicals No. 407. Repeated Dose 90-day study oral toxicity study in rodents. 2008.

Ortega-Ramirez LA, Rodriguez-Garcia I, Leyva JM, Cruz-Valenzuela MR, Silva-Espinoza BA, Gonzalez-Aguilar GA, Siddiqui MW, Ayala-Zavala JF. (2013). Potential of Medicinal Plants as Antimicrobial and Antioxidant Agents in Food Industry: A Hypothesis. *Afr J Tradit Complement Altern Med*, 10(3):397-404.

Ortiz-Andrade R, Cabañas-Wuan A, Arana-Argáez VE, Alonso-Castro AJ, Zapata-Bustos R, Salazar-Olivo LA, Domínguez F, Chávez M, Carranza-Álvarez C, García-Carrancá A. (2012). Antidiabetic effects of *Justicia spicigera* Schltdl (Acanthaceae). *J Ethnopharmacol*, 143(2):455-62.

Vega-Avila E, Espejo-Serna A, Alarcon-Aguilar F, Velazco-Lesama R. (2009). Cytotoxic activity of four Mexican medicinal plants. *P W Pharmacol Soc*, 52,78–82.

World Health Organization. Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications. Report of a WHO Consultation. Geneva: World Health Organization, 1999.

Sistema Acuapónico

PÉREZ, Manuel*†, TÉLLEZ, Rubén, AVELINO, Roberto y TENORIO, Fermín

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 25 de Septiembre, 2015

Resumen

Contribución: Este proyecto contribuirá al desarrollo de la región, implementando sistemas y técnicas que permitan desarrollar otras alternativas de alimentación para la cría de peces en sistemas acuapónicos en terrenos poco explotados. Esta es una aplicación del área de mantenimiento en la parte de Automatización, Instrumentación y Control, Sistemas Automatizados, Hidráulica, Química, Física, Matemáticas, Diseño Industrial y Soldadura.

Este proyecto pretende lograr implantar métodos y sistemas de control eléctrico y electrónico a sistemas puramente productivos, que mejoren los métodos que actualmente operan a sistemas acuapónicos y ayuden a contribuir a ser altamente rentables desde la perspectiva económica.

Acuaponia, termosifón, sustrato, control.

Abstract

Contribution: This project will contribute to the development of the region, implementing systems and techniques to develop alternative supply for the rearing of fish in aquaponic systems unexploited land. This is an application of the maintenance area of Automation, Instrumentation and Control, Automated Systems, Hydraulics, Chemistry, Physics, Mathematics, Industrial Design and Welding.

This project aims to achieve implementing methods and systems for electrical and electronic control purely production systems that improve the methods currently operate aquaponic systems and help contribute to be highly profitable from an economic perspective.

Aquaponics, thermosiphon substrate control.

Citación: PÉREZ, Manuel, TÉLLEZ, Rubén, AVELINO, Roberto y TENORIO, Fermín. Sistema Acuapónico. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-4: 538-546

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mantenimiento-utt@outlook.es)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Se conoce como acuaponía al sistema sustentable de producción de plantas y peces que combina la acuicultura tradicional (cría de animales acuáticos) como lo son el pescado, el cangrejo de río y los camarones; con la hidroponía (cultivo de plantas sin usar suelo, en agua) en un medioambiente simbiótico. En la acuicultura los desechos biológicos se acumulan en el agua incrementando la toxicidad para los peces y otras especies acuáticas. Ésta agua es dirigida al sistema hidropónico donde es filtrado por las plantas que utilizan los nutrientes, dejando así el agua lista para ser recirculada hacia los animales. El término acuaponía es una contracción (portmanteau) de las palabras "hidroponía" y "acuicultura".

Los sistemas acuapónicos varían en tamaño desde pequeñas unidades interiores o exteriores hasta grandes unidades comerciales que utilizan la misma tecnología. Los sistemas comúnmente contienen agua fresca, pero sistemas de agua salada también son factibles dependiendo del tipo de animal acuático y del tipo de plantas que pertenecen al sistema. La ciencia de la acuaponía puede considerarse que está en etapas tempranas.

Un sistema acuapónico es el resultado de la integración de la producción de peces y de plantas sin suelo (hidroponía) dentro de un sistema cerrado, donde los desechos metabólicos de los peces son aprovechados por las plantas para crecer, y por otro lado, las plantas limpian el agua de estos componentes para mantener niveles adecuados para la crianza de los peces, gracias a esto el recambio de agua y la contaminación disminuyen el uso de agua. Estos sistemas ofrecen una serie de ventajas sobre aquellos sistemas de recirculación en los que solo se producen peces.

Los primeros ensayos publicados en acuaponía se remontan a la década del '70, donde se demostró que los desechos metabólicos que los peces generaban podían ser utilizados para el cultivo de plantas, en forma hidropónica (Lewis, 1978).

El presente trabajo es la iniciativa de un experimento primero con hidroponía, lo cual desencadenó otra alternativa de acuicultura, lo que trae por resultado la fusión de ambos proyectos que dieron origen a la acuaponía, que es una disciplina sostenida por la carrera de Mantenimiento industrial en el área de automatización y control.

Este proyecto es importante porque se pretende aplicar en zonas rurales de difícil acceso y proveerá de una fuente de ingresos a las personas, tanto por la comercialización de los peces, como de las plantas que se cultivan con el sistema hidropónico. También está planeado como una fuente de alimentación que garantice una correcta nutrición de las personas. Su valor agregado es la fuente de alimentación a base de energía solar. Las celdas fotovoltaicas proveerán de la suficiente energía eléctrica para alimentar las bombas y garantizar una correcta oxigenación del agua, de esta manera se puede tener la operación autónoma del sistema acuapónico.

Marco de referencia

La acuaponía tiene raíces antiguas, pero no hay un acuerdo en donde y cuando se originó. Los aztecas cultivaron islas agrícolas conocidas como "chinampas" y para algunos son consideradas como la primera forma de acuaponía para uso agrícola donde plantas fueron cultivadas en islas estacionarias (y ocasionalmente móviles) en partes no profundas de lagos, y los materiales de desecho fueron dragados de los canales chinamperos.

Al sur de China y Tailandia se cultivó arroz en arrozales en combinación con peces, esto es referido como ejemplos de acuaponía temprana. Estos sistemas policulturales de cultivo existieron en muchos países de Lejano Oriente y criaron peces como el Misgurno de Asia, anguilas de lodo, carpa común y carpa cruciana así como también caracoles de estanque en los arrozales.

La acuaponía consiste de dos partes principales: la acuicultura para criar animales acuáticos y la hidroponía para cultivar plantas. Los desechos acuáticos resultantes de alimentos no comidos o por criar animales como peces, se acumulan en el agua por el sistema cerrado de recirculación de la mayoría de los sistemas de acuicultura. Las aguas de descarga ricas en efluentes y en altas concentraciones pueden ser tóxicas para los animales acuáticos, pero éstos (effluents) son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Aunque primordialmente consiste de dos partes, los sistemas de acuaponía son comúnmente agrupados en diferentes componentes o subsistemas responsables de la remoción efectiva de desechos sólidos, de añadir químicos base para la neutralización de ácidos, ó de mantener el agua aireada y con oxígeno. Los componentes típicos incluyen:

- Tanque de crianza: el tanque donde crecen y se alimentan los peces;
- Remoción de sólidos: una unidad para quitar los alimentos no comidos y la biopelícula desprendida, y para sedimentos finos;
- Bio-filtro: un lugar donde la bacteria de nitrificación puede crecer y convertir amoníaco en nitratos, que son usados por las plantas;

- Subsistemas hidropónicos: la parte del sistema donde las plantas crecen absorbiendo el exceso de nutrientes del agua;
- Sump: el punto más bajo del sistema donde el agua fluye y es bombeado de regreso a los tanques de crianza.

Dependiendo en la sofisticación y costo del sistema acuapónico, las unidades de remoción de sólidos, la biofiltración y/o los subsistemas hidropónicos pueden ser combinados en una unidad o subsistema,¹ lo que evita que el agua fluya directamente de la sección de acuicultura a la sección del sistema de hidroponía.

Nitrificación

La nitrificación, la conversión aeróbica de amoníaco a nitratos, es una de las funciones más importantes en un sistema de acuaponía, ya que reduce la toxicidad del agua para los peces, y permite que los compuestos de nitrato resultantes sean eliminados por las plantas para su nutrición.¹ El amoníaco es desprendido constantemente en el agua por excreción y branquias del pez como un producto de su metabolismo, pero la mayoría debe ser filtrado del agua puesto que grandes concentraciones de amoníaco (comúnmente entre 0.5 y 1 ppm) puede matar al pez. Aunque las plantas, hasta cierto grado, pueden absorber amoníaco del agua los nitratos son más fácilmente asimilados, así eficazmente reduciendo la toxicidad del agua para los peces.¹ El amoníaco puede ser convertido en otros componentes nitrogenos a través de poblaciones saludables de:

- Nitrosomonas: bacteria que convierte amoníaco en nitritos, y
- Nitrobacteria: bacteria que convierte nitritos en nitratos.

En un sistema de acuaponía, la bacteria responsable de este proceso forma una biopelícula en todas las superficies sólidas que estén en constante contacto con el agua. Las raíces sumergidas de los vegetales combinadas tienen un área grande de superficie, permitiendo que muchas bacterias se acumulen ahí. Juntos con la salinidad del amoníaco y los nitratos del agua, el área de la superficie determina la velocidad con la que la nitrificación se lleva a cabo. El cuidado de estas colonias de bacterias es importante para regular la asimilación completa de amoníaco y nitrato. Es por esto que la mayoría de los sistemas de acuaponía incluye una unidad de biofiltración, que ayuda a facilitar el crecimiento de éstos microorganismos. Típicamente, después de que un sistema haya estabilizado los niveles de amoníaco en un rango entre 0.25 a 2.0 ppm; el rango del nivel de nitrato entre 0.25 a 1 ppm, y niveles de nitrato entre 2 a 150 ppm. Puede que durante la iniciación del sistema, la presencia de mayores concentraciones en los niveles de amoníaco (hasta 6.0 ppm) y de nitrato (hasta 15ppm) ocurra, con los niveles de nitrato alcanzando posteriormente durante la fase de inicio. Puesto que el proceso de nitrificación acidifica el agua, bases no-sódicas como lo es el hidróxido de potasio o el hidróxido de calcio pueden ser añadidas para neutralizar el pH del agua si es que cantidades insuficientes están presentes en el agua para proveer un colchón contra la acidificación. Además, nutrientes y minerales selectos como lo es el hierro pueden ser añadidos en suma a los desechos de los peces que sirve como la principal fuente de nutrición a las plantas.

Una buena forma de tratar con la acumulación de sólidos en la acuaponía es el empleo de gusanos, pues licuifican la materia orgánica sólida para que pueda ser utilizada por las plantas y/o animales.

Subsistemas hidropónicos

Las plantas son cultivadas como en sistemas hidropónicos con sus raíces inmersas en el agua afluyente que está llena de nutrientes. Esto les permite filtrar el amoníaco que es tóxico para los animales acuáticos o sus metabolitos. Después que el agua haya pasado por el subsistema hidropónico, es limpiada y oxigenada, y puede regresar a los vasos acuicultores, éste ciclo es continuo. Aplicaciones acuapónicas comunes de sistemas hidropónicos incluyen:

- Balsa acuapónica de aguas más profundas: balsas de poliestireno extruido flotan en agua para acuicultura relativamente profunda.
- Acuaponía recirculante: material sólido como lo es la grava o pedacitos de barro contenidos en un recipiente que es inundado con agua de la acuicultura. Éste tipo de acuaponía también se le conoce como "acuaponía de circuito cerrado".
- Acuaponía recíproca: la materia sólida en un contenedor que es alternamente inundado y vaciado utilizando diferentes tipos de sifones de desagüe. Éste tipo de acuaponía también es conocido como "acuaponía de inundación y drenaje" ó "acuaponía de flujo y reflujo".
- Otros sistemas usan torres que alimentan en una forma vertical, de arriba a abajo, canales de técnica de película nutriente, tubería plástica (PVC) horizontal con hoyos para las macetas, barriles plásticos cortados a la mitad con gravas o con balsas. Cada forma tiene sus propios beneficios.

La mayoría de los vegetales de hoja verde crecen bien en subsistemas hidropónicos, aunque algunas variedades de col china, lechuga, jitomates, oca, melón y pimiento reditúan más. Otras especies de vegetales que crecen bien en un sistema de acuaponía incluyen: frijoles, chícharos, rábano, fresas, cebollas y hierbas. Ya que las plantas en diferentes etapas de su crecimiento requieren de diferentes minerales y nutrientes, la cosecha de plantas es intercalada con crecidos/cultivos tiernos al mismo tiempo que plantas maduras. Con esto se asegura de que haya un contenido estable de nutrientes en el agua por la continua limpieza simbiótica de toxinas del agua.

Sistemas de acuicultura

Los peces de agua dulce son los animales acuáticos que se crían más comúnmente utilizando acuaponía, aunque también pueden emplearse cangrejos de río y langostinos. En la práctica, la tilapia es el pez más popular para proyectos caseros y comerciales para el consumo alimenticio, aunque también se usa el barramundi, perca plateada *Bidyanus bidyanus*, *Tandanus tandanus* o el pez gato *tandanus* (siluriformes), perca jade y *Maccullochella peelii peelii* (Murray cod) también se usan. Para climas templados cuando no hay necesidad de mantener la temperatura del agua, el *Lepomis macrochirus* (bluegill) y el pez gato⁷ son buenas opciones para un sistema casero. El Koi y el carpín (o pez dorado)⁹ también pueden ser usados si los peces no son para consumo humano.

Operaciones normales

Los sistemas acuapónicos generalmente no descargan o intercambian agua bajo operaciones normales, pero en lugar, recirculan y reutilizan el agua muy eficazmente.

El sistema se apoya en la relación entre los animales y las plantas para mantener un medioambiente acuático estable que viva un mínimo de fluctuación en niveles de oxígeno y ambiente nutriente. Se añade agua solo para rellenar la pérdida de agua a causa de la absorción y transpiración de las plantas, y por la evaporación del agua superficial, por el desbordamiento del sistema a causa de la lluvia y la remoción de biomasa como lo es el desecho sólido del sistema. Como resultado, la acuaponía utiliza aproximadamente 2% del agua que una granja convencional requiere para irrigar para la misma producción de vegetales. Esto permite la producción acuapónica de ambas: cosecha y pescado en áreas donde el agua ó tierra fértil son escasas. Los sistemas acuapónicos también pueden ser usados para replicar las condiciones controladas de tierras aguadas (wetland) que son útiles para tratamiento de agua al reclamar el agua potable del agua de desecho común de casa. El agua llena de nutrientes que se derrame puede ser acumulada en tanques receptores y reutilizada para acelerar el crecimiento de la hortaliza plantada, o puede ser bombeada de regreso al sistema acuapónico para rellenar a tope el nivel de agua.

Las tres entradas principales al sistema son: agua, alimentación dada a los animales acuáticos, y la electricidad para bombear el agua entre los subsistemas de acuicultura y los sistemas de hidroponía. Se puede añadir frezapa para reemplazar los peces ya crecidos que van a ser sacados del sistema para mantenerlo estable. En términos de resultados, un sistema acuapónico ha de brindar continuamente plantas como vegetales crecidos en hidroponía y especies de animales acuáticos comestibles criados en acuicultura.

Desarrollo del proyecto**Desarrollo del prototipo**

El primer paso para poder realizar el prototipo es la elaboración de una estructura o base hecha con ángulo con las medidas 40x70*90 respectivamente la cual se utilizara para poder colocar encima el primer recipiente que contendrá las plantas. La base tendrá en la parte inferior solo 3 soportes ya que en un lado se colocara el otro recipiente en donde se encontraran los peces, toda la estructura será soldada mediante arco eléctrico.

Para poder comenzar la elaboración del prototipo fue necesaria una lista de materiales que se nombran a continuación:

1. Recipientes de plástico de 30 lt
2. Tubos pvc 1/2" cedula 40
3. Bomba sumergible
4. Angulo 1/2" x 3/16"
5. Grava o arena
6. Sifón
7. Cople macho y hembra 1/2" pvc
8. Codos 90 pvc
9. Llave de paso

Al tener la base lista se proseguirá a perforar una de las tapas de los recipientes para colocarla en la parte superior de la base y se pueda colocar encima el recipiente ya que al contener las plantas necesitara un buen soporte en el cual se distribuya el peso adecuadamente.

En el recipiente que contendrá las plantas se deberá hacer una perforación en la parte media inferior con un sacabocados de 7/8" en el cual se colocara un cople macho con un cople hembra, al cople macho se le acoplara un pedazo de tubo de 20 cm aproximadamente sobre el cual se colocara el sifón.

En el cople hembra se colocara un pedazo de tubería con dos codos uno para el cople y otro para la caída de agua al recipiente de los peces.

El sifón es de plástico y consta de un tubo con una tapa superior que tiene una manguera que funciona como indicador de nivel mediante el cual el sifón funcionara cuando el nivel de agua sea demasiado alto y necesite reducir el nivel.

Un sifón es un dispositivo hidráulico que se utiliza para trasvasar un líquido de un recipiente a otro.

Una vez que la base y el primer recipiente se encuentran listos se proseguirá a realizar la tubería de succión la cual estará ubicada en el recipiente de los peces que se encontrara en la parte inferior, se utilizara una bomba sumergible a la cual se le colocara un cople macho para poder acoplarle el tubo y realizar la red.

Esta tubería contara con una llave de paso para poder regular la velocidad con la cual fluirá el agua del recipiente de los peces al de las plantas. Esta tubería contara con dos codos en la parte superior para que se pueda hacer que quede dentro del recipiente de las plantas.

Todo será unido mediante un pegamento para pvc. La tubería debe ser asegura con alambre o cinchos a la tapa para que esta no se mueva de lugar y ocasione un derrame.



Figura 1 Construcción del prototipo.

Estos son los últimos pasos para que el prototipo quede listo para funcionar, se colocara la grava o en este caso piedra pómez en el recipiente que contendrá las plantas de manera que queden a un cierto nivel, evitando sacar de su lugar el sifón.

Las plantas se distribuirán por toda la superficie asegurándose que las raíces no se encuentren en un lugar en el cual no les llegue el agua con los nutrientes. En el recipiente inferior se deberán verter aproximadamente 40 litros de agua para los peces a los cuales se deberán alimentar al menos 2 veces al día con un alimento adecuado para que los peces produzcan los nutrientes suficientes para que las plantas puedan crecer de una forma adecuada.

Por último se deberán poner los peces en su recipiente adecuado y poner en marcha la bomba, esta deberá funcionar las 24 horas para que los peces cuenten con una buena oxigenación.



Figura 2 Ajustes del prototipo del Sistema Acuapónico.

Resultados

Como resultado de nuestras primeras pruebas se obtuvo una tabla de experimentación que representa la variabilidad de planta y especie encontrados en el equipo de experimentación llamado sistema acuapónico, con una muestra de 5 peces a lo largo de 6 semanas.

Análisis

Dado que ya se han tenido pruebas y ensayos de diversas fuentes, con experimentos de hidroponía y acuicultura y se ha observado que diversas especies han perecido dado que no se han encontrado y controlados las diversas variables que sostiene su crecimiento y su evolución, así como su aportación para poder iniciar las bases que nos dé origen a una implantación de este sistema para su reproducción a un mercado dirigido y sostenido es decir para su fase de venta y mercadeo.

La mayoría de las especies han perecido y por otro lado sostener la reciclación de agua es muy costoso al menos en la región donde ese encuentra el experimento (en la universidad).

Semana 1,2 y 3

Planta	pez	dimensión	peso
perejil	Robalo rojo(huachinango o carpa)	3.1 cm	8 gr.

Planta	pez	dimensión	peso
Cilantro	tilapia	3.3 cm	7 gr.

Planta	pez	dimensión	peso
Lechuga	Mojarra(gris)	3.4 cm	8 gr.

Semana 4,5 y 6

Planta	pez	dimensión	peso
perejil	Robalo rojo(huachinango o carpa)	3.5 cm	10 gramos

Planta	pez	dimensión	peso
Cilantro	tilapia	3.7 cm	10.0 gramos

Planta	pez	dimensión	peso
Lechuga	Mojarra(gris)	3.8 cm	11 gramos

Tabla 1 Tabla de experimentación y crecimiento de plantas y peces.



Figura 3 Sistema Acuapónico en pruebas.

Interpretación

También por experiencia en otros métodos iniciamos este experimento para que al diseñar este equipo se pueda controlar las primeras variables que son aireación alimentación con una investigación de aporte vitamínico en el tipo de alimento. Un análisis en el tamaño y peso de la especie y una tabla para analizar después de 5 semanas cuales son las conclusiones de dicho experimento.

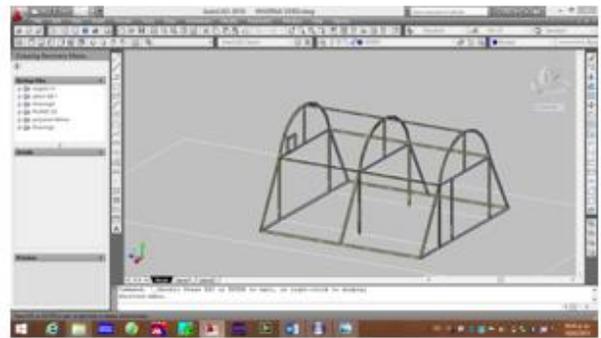


Figura 4 Inicio del diseño del Sistema Acuapónico en tamaño real.

Conclusiones

Como conclusión tenemos un sistema experimental, puesto en ejecución con un equipo de aproximadamente 20 litros de agua, con una extensión de 2 metros cúbicos con una área de 60cm cuadrados con 17 peces en experimentación de diversas especies como robalo, guachinango y tilapia, dichas especies se han puesto del misma tamaño y edad, de tres centímetros de longitud. Su tiempo de crecimiento es de 4 semanas en su habitat, el agua se intercambia cada 8 días y solo se recupera de 2 a 3 litros de agua, lo demás se evapora. Las plantas que se experimentan son perejil, lechuga y cilantro hasta el momento de este reporte se observa que por sistema de aireación solo se airea de 7am a 8pm debido a que la universidad apaga su energía eléctrica.

Por otro lado se ha observado que no se han extinguido las especie por aireación y la alimentación se lleva a cabo cada dos días y se observa que las plantas han adquirido un color amarillento, esto es debido a que no se les ha colocado directamente en la luz solar, ya que este proyecto se ha desarrollado siempre bajo techo.

Se observa que la temperatura ha aumentado hasta 5 grados en este sistema y por eso el agua tiende a evaporarse más, pero las plantas recuperan su color original paulatinamente. Hasta el momento se observa que las plantas crecen a aproximadamente medio centímetro por semana o semana y media, y los peces se han medido y pesado y por cada 3 semana pesan como tres gramos aproximadamente o 5 cada cinco días.

Recomendaciones

Se recomienda que durante el desarrollo de este experimento no se sumerja las manos directamente en el agua, debido a la toxicidad de la grasa que nuestro cuerpo posee y que puede afectar el proceso y contaminar a los peces. Por otro lado se recomienda un caudal de agua uniforme que permita que la bomba no se obstruya y se pueda forzar y quemar, por otro lado siempre se debe estar al pendiente de girar las plantas en el sustrato para que constantemente no se doblen por gravedad y se puedan deteriorar por descomposición o por exceso de agua y solo exista el agua suficiente para que la humedad las nutra.

Este sistema obtuvo gran éxito dado que los peces no han matado a las plantas, también mantienen su crecimiento, sin embargo, no se ve que las plantas crezcan mayormente y los peces no suben mucho de peso por el momento, pero se está en proceso esa investigación para determinar cuáles serán las modificaciones que se llevarán a cabo entre la temperatura y el alimento.

El tipo de especie se continuará investigando y experimentando y se colocará el sistema de control de temperatura y, por otro lado, controlaremos la iluminación solar por medio de filtro solares y se dividirán las especies así como se implementará diversas combinaciones de alimento para peces y tamaño de peces.

Estos experimentos se realizan cada semana y se espera involucrar un mayor número de alumnos de la misma área, para fomentar en ellos el gusto por la investigación en sistemas acuapónicos automatizados.

Referencias

Organización Bofish. (2014). Carpeta de Proyectos. 2014, de Acuaponia Sitio web: http://www.acuaponia.com/informacion_tecnica_pdfs/SERVICIOS_BOFISH.pdf

Calo, P. (2011). Introducción a la Acuaponia. CENADAC. 2014, de Minagri Sitio web: http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/06_publicaciones/_archivos/130423_introduccion_C3%B3n%20a%20la%20acuaponia.pdf

Colagrosso, A. (2014). Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala. Obtenido el día 10 de diciembre del 2014 de: <http://www.akuadulza.net/wp-content/uploads/2014/09/Manuale-Alessandro-Colagrosso-ES.pdf>

Falcón, E. (s.f) Más vida en el desierto. Obtenido el día 5 de diciembre del 2014 de: http://cmsdata.iucn.org/downloads/mas_vida_en_el_desierto__erick_falcon__es_1.pdf

Segovia, M. (s.f). Desarrollo de acuaponia en México. Obtenido el día 13 de noviembre del 2014 de: http://cmsdata.iucn.org/downloads/mas_vida_en_el_desierto__erick_falcon__es_1.pdf

Híbridos de sorgo para grano: Rendimiento del primer ciclo

PADILLA, José*†, AVENDAÑO, Adriana, SÁNCHEZ, José y JIMÉNEZ, Angel

Cuerpo Académico 054 "Mejoramiento Genético para la Producción de Semillas" e Instituto de Ciencia y Tecnología de Semillas (INCITES), Centro Universitario de Ciencias. Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 25 de Septiembre, 2015

Resumen

El programa de mejoramiento de sorgo del INCITES del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, está desarrollando híbridos con alto potencial de rendimiento y realizando evaluaciones constantemente sometiendo el material genético al estrés en cada época de siembra. Fueron los híbridos experimentales (A1Tx2922x((BlancoNayaritxTheis)x(UdeG-302))), (ICSALM87507xSg4-24-1-7), (ICSALM87508xSg4-24-1-7) y (A3Tx3197xSg4-24-1-7); en condiciones de beneficiar a productores mexicanos con rendimientos iguales o superiores a los híbridos de empresas extranjeras.

Indicar Mejoramiento sorgo, rendimiento, esterilidad masculina

Abstract

The breeding program sorghum from INCITES of Center for Sciences Biological and Agricultural at the Guadalajara University, is developing hybrids with high yield potential and making assessments constantly subjected to stress the genetic material in each planting season. The experimental hybrids (A1Tx2922x((BlancoNayaritxTheis)x(UdeG-302))), (ICSALM87507xSg4-24-1-7), (ICSALM87508xSg4-24-1-7) and (A3Tx3197xSg4-24-1-7); able to benefit Mexican producers with equal or superior yield hybrids to import corn sorghum and avoid dependence on foreign companies

Sorghum breeding, yield, male sterility

Citación: PADILLA, José, AVENDAÑO, Adriana, SÁNCHEZ, José y JIMÉNEZ, Angel. Híbridos de sorgo para grano: Rendimiento del primer ciclo. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-4: 552-555

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jpadilla@cucba.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La problemática nacional que tiene México con respecto al sorgo ha sido el gran volumen de importación realizados año tras año desde los 80's a la fecha, siendo de los primeros lugares del mundo en importación de grano de sorgo. En México el sorgo se siembra tanto de riego como de temporal. El sorgo se introdujo a México por ser un cultivo de bajo requerimiento de agua, esto es, soporta períodos prolongados de sequía y zonas de baja precipitación pluvial, aunada al estrés hídrico el sorgo requiere de bajos insumos. Por otro lado, el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), reporta que México tiene registradas 211 variedades de sorgo y que casi la totalidad de la semilla utilizada para la siembra es importada o producida por empresas transnacionales (SNICS, 2015). En México, los programas de mejoramiento genético en sorgo los maneja casi en exclusiva el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), pocas universidades del sector público y casi ninguna empresas nacionales, y de éstas últimas sólo compran e importan los progenitores formadores de los híbridos de los programas de las universidades extranjeras, o de líneas progenitoras del orden público o ya liberadas del país de los EEUU.

Los beneficiarios de la formación de híbridos con alto potencial de rendimiento serán los productores mexicanos de sorgo y los fabricantes de alimentos balanceados para ganado, que tentativamente reducirán el volumen de importación, mismo que acompaña al objetivo de la investigación para desarrollar híbridos con alto potencial de rendimiento para el campo mexicano. La hipótesis es que el programa de mejoramiento de sorgo del Instituto de Ciencia y Tecnología de Semillas (INCITES) del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara (UdeG).

Cuenta con valioso germoplasma desarrollado a través de más de 20 años de investigación propia.

Los puntos de relevancia tratar en la presente investigación son a) características morfológicas de la planta, b) incidencia de enfermedades y c) características del grano y rendimiento

Metodología a desarrollar

El experimento se sembró el 28 de junio en el campo experimental del CUCBA en el ciclo P-V/2014 . Se sembró en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y un surco por tratamiento, que se arregló con 35 híbridos formados por el programa de mejoramiento genético de sorgo del INCITES, más tres testigos (Figura 1). Los trabajos agronómicos fueron los recomendados para la zona y el cultivo. Se tomaron de características de la planta, de incidencia de enfermedades y del rendimiento al 0% de humedad. La cosecha y desgrane se realizó en el mes de enero del 2015. El análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias por Diferencia Mínima Significativa (DMS), se realizó con el sistema estadístico SAS ver.9.0.

	ProgenitorHembra		ProgenitorMacho
1	A1Tx628	x	Sg4-24-1-7
2	A1Tx2922	x	Sg2-19-4-2-1-1-M-1-1-M-M-1
3	A1Tx2922	x	Rtx98L-17-1-1-1M-1
4	A1Tx2922	x	RTx-98-18-1-M-2
5	A3Tx3042	x	Rtx-2901-1alto
6	A3Tx3042	x	Rtx98L-11-M-1-2
7	A3Tx3042	x	Rtx-2916-2
8	AtxARG-1(O)	x	Rtx-2893-1
9	AtxARG-1(O)	x	Rtx-2901-1
10	AtxARG-1(O)	x	BlancoNayanixUdeG-100
11	AtxARG-1(O)	x	Sg2-9-1-3-1-2-1-4-1-M-M-2-1
12	AtxARG-1(O)	x	RTx-98-18-1-M-2

	ProgenitorHembra		ProgenitorMacho
13	AtxARG-1(M)	x	Rtx-2893-1alto
14	AtxARG-1(M)	x	Rtx-2901-1alto
15	AtxARG-1(M)	x	Sg4-24-1-7
16	AtxARG-1(M)	x	Sg2-9-1-3-1-2-1-4-1-MM-2-1
17	AtxARG-1(M)	x	Sg2-19-4-2-1-1-M-1-1-MM-1
18	AtxARG-1(M)	x	Rtx98L-11-M-1-2
19	A1Tx623	x	RTx-98-18-1-M-2
20	A1Tx628	x	Sg4-24-1-7
21	A1Tx631	x	RTx-98-5-65-M-3
22	A2Tx632	x	RTx-98-5-65-M-3
23	A1Tx2922	x	(BlancoNayarit)(Theis)(UdeG-302)
24	A1Tx2925	x	RTx-98-16-1-M-2-3
25	A1TxARG-1	x	RTx-98-16-1-M-2-3
26	ICSALM87507	x	Sg4-24-1-7
27	ICSALM87507	x	RTx-98-16-1-M-2-3
28	ICSALM87507	x	RTx-98-16-1-M-2-3
29	ICSALM87508	x	Sg4-24-1-7
30	A1Tx398	x	Rtx-2916-2
31	A1Tx398	x	RTx-98-18-1-M-2
32	A1Tx632	x	RTx-98-5-65-M-3
33	A1Tx2752	x	RTx-98-18-1-M-2
34	A3Tx3197	x	RTx-98-4-1-1-1-2
35	A3Tx3197	x	Sg4-24-1-7
36	Testigo1		UdeG-110
37	Testigo2		937(Genex)
38	Testigo3		Niquel(Asgrow)

Figura 1 38 híbridos en evaluación, CUCBA-2014-15

Resultados

a) Características morfológicas de la planta: El Anva muestra datos altamente significativos para días a floración (DF), altura de planta (AP), longitud de panoja (LP) y Excursión (E), el porcentaje de acame muestra datos no significativos (Tabla 1). Los datos obtenidos muestran un desarrollo dentro de los parámetros generales requeridos por los productores de grano de sorgo como son altura de planta con un promedio general de 153.38 cm, los días a floración en promedio son de 74.93, la longitud y excursión de la panoja son de 25.59 y 15.68 cm respectivamente.

	FV	GL	CM		CV	Media
Días Floración		37	50.9132	**	4.35	74.93 días
Altura Planta		37	2300.0655	**	9.07	153.38 cm
Longitud Panoja		37	48.0685	**	18.33	25.59 cm
Excursión		37	88.1028	**	20.02	15.68 cm
Porcentaje Acame		37	11.053817	ns	500.04	0.65 %

Tabla 1 Cuadrados Medios de 38 híbridos de sorgo para características morfológicas de la planta de sorgo

b) Incidencia de enfermedades: El Anva muestra datos altamente significativos para el Ergot (Erg), Antracnosis (Ant) y Roya (Roy), los porcentajes de Manca de la hoja, *Helmitosporium turcicum* y *Cercospora* muestran datos no significativos (Tabla 2). Los datos obtenidos muestran un desarrollo dentro de los parámetros generales requeridos por los productores de grano de sorgo poca incidencia de enfermedades que afectan el desarrollo foliar y del llenado del grano.

	FV	GL	CM		CV	Media
Ergot		37	2.74 11	**	40.4385 8	1.73 %
Mancha		37	0.13 92	ns	29.5326 0	1.21 %
Antracnosis		37	1.14 93	**	27.2291 2	2.36 %
<i>Helmitosporium</i>		37	0.53 84	ns	36.0099 3	1.93 %
<i>Cercospora</i>		37	0.55 83	ns	31.5513 3	2.15 %
Roya		37	1.13 70	**	36.4562 9	2.29 %

Tabla 2 Cuadrados Medios de de 38 híbridos de sorgo para incidencia de enfermedades.

c) Características del grano y rendimiento: El Anva muestra datos altamente significativos para Rendimiento de grano al 0% de humedad (Rend) y para el Peso de 100 Semillas (P100S) no así para el Porcentaje de grano con datos no significativos (Tabla 3). Los datos obtenidos muestran un desarrollo dentro de los parámetros generales en los datos cuantitativos para el llenado del grano del sorgo con un promedio de 4.58 Tonha-1, lo que está por arriba de la media nacional.

FV	G L	CM		CV	Media
Rendimiento de grano	37	9915272.56	**	23.645	4586.779 Kg/ha
Porcentaje grano	37	78.37	ns	11.859	61.849 %
Peso de 100 semillas	37	0.76	**	9.491	2.523 gr

Tabla 3 Cuadrados Medios de de 38 híbridos de sorgo para características grano y rendimiento

Conclusiones

a) Los híbridos desarrollados por el INCITES muestran parámetros morfológicos de los buscados por los productores y estos presentan mejores características que los testigos comerciales.

b) En cuanto a la incidencia de enfermedades los híbridos evaluados del programa de mejoramiento y testigos mostraron baja presencia de enfermedades tanto foliares como de la panoja.

c) Las características del grano y del rendimiento de los híbridos (A1Tx2922x((BlancoNayaritxTheis)x(UdeG-302))), (ICSALM87507xSg4-24-1-7), (ICSALM87508xSg4-24-1-7) y (A3Tx3197xSg4-24-1-7), mostraron mayor producción de grano que el mejor rendimiento de un testigo.

Referencias

SNICS, 2015. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales. 82 p.

Extracción total de las antocianinas del maíz azul tzirantza y de sus productos nixtamalizados

GARCIA, Liliana*†, YAHUACA, Berenice, CORTEZ, Consuelo y VÁZQUEZ, Pedro

Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 25 de Septiembre, 2015

Resumen

Objetivo: Extracción total de antocianinas del maíz y de los productos nixtamalizados del maíz azul tzirantza

Estructuralmente, el grano de maíz está formado de cuatro partes principales: pericarpio, endospermo, germen y pedicelo. En México se cultivan las siguientes variedades: blanco y amarillo o forrajero y pigmentado. El maíz blanco y pigmentado son exclusivos para alimentación humana. De las tonalidades de los granos del maíz son producidas por pigmentos, el color rojo cereza, el azul y negro-púrpura, con sus tonalidades intermedias, son producidos por las antocianinas, que son compuestos flavonoides, un subgrupo importante de los compuestos fenólicos, se encuentran principalmente en la capa aleurona y pericarpio en el grano de maíz. Para la extracción se implementó el método de Fuleki, T. y F.J. Francis modificado y Salinas Moreno modificado, obteniendo rendimientos mayores con la metodología modificada de Fuleki, T. y F.J. Francis de gramos de antocianinas por L de solvente, tanto para el maíz como para los productos nixtamalizados.

Antocianinas, maíz, nixtamalización

Abstract

Objective: total extraction of anthocyanins corn and blue corn products nixtamalized tzirantza

Structurally, the corn kernel consists of four main parts: pericarp, endosperm, germ and pedicel. White and yellow pigmented or feed: in Mexico the following varieties are grown. Pigmented white corn for human consumption are unique. Hues of corn grains are produced by pigments, red black-purple, with intermediate shades cherry, blue and are produced by anthocyanins, which are flavonoid compounds, an important subgroup of phenolic compounds, They found mainly in the aleurone and pericarp layer in the kernel of corn. For the extraction method Fuleki, T. and implemented FJ Francis changed and changed Salinas Moreno, obtaining higher yields with the modified methodology Fuleki, T. FJ Francis grams of anthocyanins per liter of solvent, both the corn for nixtamalized products.

Anthocyanins, maize, nixtamalización

Citación: GARCIA, Liliana, YAHUACA, Berenice, CORTEZ, Consuelo y VÁZQUEZ, Pedro. Extracción total de las antocianinas del maíz azul tzirantza y de sus productos nixtamalizados. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-4: 595-600

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: qfbliili.garcia@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

México es el cuarto productor de maíz en el mundo con un 3 % de la producción total. Estructuralmente, el grano de maíz está formado de cuatro partes principales: pericarpio, endospermo, germen y pedicelo. El peso total del grano corresponde a un 5 % de pericarpio, 83 % de endospermo (con un alto porcentaje de almidón), 11 % de germen, donde se concentra la grasa cruda (33 %) (FAO, 1993).

En México se cultivan las siguientes variedades: blanco y amarillo o forrajero y pigmentado. El maíz blanco y pigmentado son exclusivos para alimentación humana, en virtud de su alto contenido nutricional; en tanto que el maíz amarillo se destina al procesamiento industrial y a la alimentación animal (Campo Mexicano, 2011).

Antocianinas

Las antocianinas pertenecen a los flavonoides, un subgrupo importante de los CF, y son pigmentos ampliamente distribuidos en las plantas. La forma aglicona de las antocianinas o antocianidina, posee una estructura basada en el ion flavilio o 2-fenilbenzopirilium, que presenta grupos hidroxilo y metoxilo en diferentes posiciones. Consta de un esqueleto carbonado en forma C-6 (anillo A)- C-3 (anillo B)- C-6 (anillo C), cuya estructura forma un anillo cromano unido a un segundo anillo aromático (B) en la posición dos (Horbowicz et al., 2008). El tipo de antocianidina formado depende del grado o nivel de hidroxilación o metoxilación del anillo (B) de la molécula (Garzón, 2008).

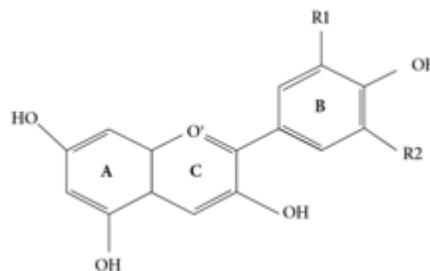


Figura 1 Estructura general de las antocianinas

Los precursores de las antocianinas son bien conocidos, se ha establecido experimentalmente que al anillo A de las antocianinas se sintetiza por la ruta del ácido malónico con la condensación de tres moléculas de malonil-CoA, mientras que el anillo B se sintetiza por la ruta de ácido shikímico. (Springob 2003).

El interés en los pigmentos como las antocianinas es reciente debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas. Durante el paso del tracto digestivo al torrente sanguíneo de los mamíferos, las antocianinas permanecen intactas (Miyazawa et al., 1999) y ejercen efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo.

Los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante. Wang y Jiao (2000) y Wang y Lin (2000) han demostrado que frutos ricos en antocianinas evidencian una alta actividad antioxidante contra el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y contra radicales peróxido (ROO.), superóxido (O₂.-), hidroxilo (.OH) y oxígeno singulete (1O₂).

Nixtamalización

La nixtamalización se basa en el cocimiento de los granos de maíz (1 Kg) en agua (2-3 litros) con álcali, preferentemente $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (1-2 % p/p) durante 10-40 min a 85-100 °C. El grano se deja reposar entre 8-24 h en la solución de cocción (nejayote), posteriormente se lava de 2 a 4 veces con agua para eliminar el nejayote. El nixtamal es molido en un molino de piedras para obtener masa, el proceso de molienda requiere, para llevarse a cabo con buen término, la adición de agua llegando a tener la masa de 48 a 55 % de humedad (Ruiz-Gutiérrez y col., 2010; Valderrama-Bravo y col., 2010; Nogueira-Terrones y col., 2004; Sefa-Dedeh y col., 2004; y Paredes-López y col., 2009).

La nixtamalización reduce significativamente el contenido de antocianinas en los maíces pigmentados, pérdida que se debe a que gran cantidad de estos compuestos se solubilizan en el agua de cocción con pH elevado y temperatura extrema, lo que degrada a los compuestos. Además, otras estructuras químicas derivadas de los polifenoles son afectadas por el rompimiento de enlaces éster, y como consecuencia se liberan los fenoles a la solución de cocimiento. La mayor parte de estos compuestos se encuentran en el pericarpio del grano, y son eliminados durante el lavado del nixtamal (De la Parra et al., 2007), por tanto es necesario medir el contenido de antocianinas en los productos nixtamalizados.

Metodología

Material biológico

Maíz azul tzirantza, de la región de Paracho, Michoacán

La extracción total de antocianinas se realizó siguiendo el método de Fuleki, T. y F.J. Francis modificado y Salinas Moreno.

Se utilizó la extracción con 0.05g de muestra con extracciones 1 ml de solvente, 3 min en vortex y 10 min se centrifugación a 7000rpm para cada extracción, haciendo diferentes números de extracción hasta extracción completa del pigmento. Se determinaron las absorbancias en un espectrofotómetro a 535 nm correspondiente a la cianidina, siendo esta la encontrada en mayor concentración en el maíz. Se buscó adaptar una metodología para la mayor extracción de antocianinas totales, con forme al tamaño de muestra, solvente, mililitros de solvente por extracción, números de extracciones, tiempo de reposo, temperatura y tiempo de agitación.

Resultados

Maíz

En la extracción de antocianinas totales se siguieron dos metodologías el método modificado Fuleki, T. y F.J. Francis (1968) usando como solvente MOH/HCl 99:1 y MOH/HCl/H₂O 2:1 y el método modificado de Salinas Moreno (2003) como solvente MOH/H. Ac/H₂O 2:1

q*	Alpha			
2,59747	0,05			
Abs(Dif)-LSD				
		MOH/HCl	MOH/HCl/H ₂ O	MOH/H. Ac/H ₂ O
MOH/HCl		-2,9633	-3,0884	0,4248
MOH/HCl/H ₂ O		-3,0884	-3,6293	-0,0541
MOH/H. Ac/H ₂ O		0,4248	-0,0541	-5,1327
Positive values show pairs of means that are significantly different.				
Level		Mean		
MOH/HCl	A	9,8853000		
MOH/HCl/H ₂ O	A B	9,6605833		
MOH/H. Ac/H ₂ O	B	5,2697000		

Tabla 1 Tukey de la extracción total de antocianinas en el maíz

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
SOLVENTE	2	51,38699	25,6935	4,3868	0,0316*
Error	15	87,85502	5,8570		
C. Total	17	139,24202			

Tabla 2 ANOVA de la extracción total de antocianinas en el maíz

Se realizó un anova y una prueba de tukey para los datos obtenidos usando los tres diferentes solventes MOH/HCl, MOH/HCl/H₂O y MOH/H. Ac/H₂O de cuales el MOH/HCl tiene una mejor extracción.

Productos nixtamalizados

En la extracción de antocianinas totales se siguieron dos metodologías el método modificado Fuleki, T. y F.J. Francis (1968) usando como solvente MOH/HCl 99:1 y MOH/HCl/H₂O 2:1 y el método modificado de Salinas Moreno (2003) como solvente MOH/H. Ac/H₂O 2:1. Se realizó la extracción a diferentes condiciones

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F	Rsquare	0,825784
Column 1	12	42,046705	3,50406	8,6900	<,0001*	Adj Rsquare	0,730757
Error	22	8,871038	0,40323			Root Mean Square Error	0,635003
C. Total	34	50,919743				Mean of Response	3,907486
						Observations (or Sum Wgts)	35

Tabla 3 ANOVA de la extracción total de antocianinas en los productos nixtamalizados

Level	Mean
harina-0,05-MOH/HCl-1-4-0-25-3	A 6,1830333
harina-0,05-MOH/HCl/H ₂ O-1-4-24-4-12	A B 5,4055667
harina-0,05-MOH/HCl-1-3-24-4-9	A B C 4,8790667
tortilla-0,05-MOH/HCl-1-4-0-25-3	A B C D 4,5051667
tortilla-0,05-MOH/HCl-1-3-24-4-9	B C D 4,0242667
harina0,1-MOH/HCl-5-1-0-4-180	B C D 3,6497000
masa-0,1-MOH/HCl-5-1-0-4-180	C D 3,3375333
harina-0,1-MOH/HCl-5-1-0-4-180	B C D 3,3375000
masa-0,05-MOH/HCl-1-4-0-25-3	C D 3,3039333
tortilla-0,1-MOH/HCl-5-1-0-4-180	C D 3,0654000
masa-0,05-MOH/HCl-1-3-24-4-9	C D 3,0350000
masa-0,05-MOH/HCl/H ₂ O-1-3-24-4-9	D 2,7036333
tortilla-0,05-MOH/HCl/H ₂ O-1-3-24-4-9	D 2,3986500

Tabla 4 Tukey de la extracción total de antocianinas en los productos nixtamalizados

Se realizó un anova y una prueba de t de tukey de los cuales se obtuvieron la mejor extracción para la harina nixtamalizada con 0.05g de muestra, solvente, 1 ml de solvente, 4 extracciones, sin tiempo de reposo a 25°C, con agitación vortex de 3 min, para tortilla con 0.05g de muestra, 1 de solvente, 4 extracciones, sin reposo a 25°C, con agitación vortex de 3 min y para masa 0.1g de muestra, 5 ml de solvente, una extracción, sin reposo a 25°C con agitación mecánica de 180 min.

Agradecimientos

Mis más sentidos agradecimientos a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y CONACYT por darme la oportunidad de realizar esta investigación

Conclusiones

Con los resultados anteriores se puede concluir que tanto para el maíz como para los productos nixtamalizados el mejor solvente para la extracción de antocianinas es el MOH/HCl, aunque si varían las condiciones de extracción entre el maíz y sus productos nixtamalizados esto debido al proceso que han sido sometido la masa, la harina y la tortillas.

Referencias

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Ed. by Association of the Official Analytical Chemistry. Arlington, USA

Campo Mexicano, 2011. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996 – 2012. Consulta: noviembre 2011.

http://www.campomexicano.gob.mx/portal_sia/p/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf

Castillo V.K.C., Ochoa M.L.A., Figueroa C.J.D., Delgado L.E., Gallegos I.J.A., Morales C.J., 2009. Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 59(4):425-432.

FAO, 1993. El maíz en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Alimentación y nutrición, N°25) <http://www.fao.org/docrep/T0395S/T0395S00.htm#Contents> ISBN 92-5-303013-5. Consulta: diciembre 2011

Fernández-Muñoz J.L., Rodríguez M.E., Pless R.C., Martínez-Flores H.E., Leal M., Martínez J.L., and Bolaños L., 2002. Changes in Nixtamalized Corn Flour Dependent on Postcooking Steeping Time. *Cereal Chemistry*, 79(1):162-166.

Flores-Farías R., Martínez-Bustos F., Salinas-Moreno Y., Ríos E., 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, 36:557-567.

García-Méndez S., 2004. Estudio nutricional comparativo y evaluación biológica de tortillas de maíz elaboradas por diferentes métodos de procesamiento. Tesis Maestría en Ciencias en Tecnología Avanzada. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, IPN; Querétaro, México.

Gómez Mh, McDonough CM, Rooney LW, Waniska RD. 1989. Changes in corn and sorghum during nixtamalization and tortilla baking. *Journal of Food Science*, 54:330-336.

González-Rojas K., García-Salazar J.A., Matus-Gardea J.A., Martínez-Saldaña T., 2011. Vulnerabilidad del mercado nacional de maíz (*Zea mays* L.) ante cambios exógenos internacionales. *Agrociencia*, 45:733-744.

JoeMin L., Dong-Hawn K., Pahn-Shick Ch., JaeHwan L., 2007. Headspace-solid phase microextraction (HS-SPME) analysis of oxidized volatiles from free fatty acids (FFA) and application for measuring hydrogen donating antioxidant activity. *Food Chemistry*, 105:414-420.

Laria J., Meza E., Peña J.L., 2007. Water and calcium uptake by corn kernel during alkaline treatment with different temperature profiles. *Journal of Food Engineering*, 78:288-295

Martínez-Bustos, F, Martínez-Flores, HE, Sanmartín-Martínez, E, Sánchez-Sinencio, F, Chang YK, Barrera-Arellano, D, Rios, E. 2001. Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalization process. *Journal of Science. Food Agriculture*, 81:1455-1462.

Martínez-Flores H.E., Martínez-Bustos, F., Figueroa, J.D.C., Gonzalez-Hernandez, J. 2002. Nutritional studies and biological assays in corn tortillas made from fresh masa prepared by extrusion and nixtamalization processes. *Journal of Food Science*, 67:1196-1199.

NMX-FF-034/1-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano –cereales- parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado – Especificaciones y métodos de prueba.

Palacios-Fonseca A.J., Vázquez-Ramos C., Rodríguez-García M.E., 2009. Physicochemical characterizing of industrial and traditional nixtamalized corn flours. *Journal of Food Engineering*, 93:45-51.

Ramírez-Wong B., y Ortega F., 1994. Evaluación de las propiedades reológicas y texturales de masa y tortilla de maíz comercial. *Revista de Ciencias Alimentarias*, 2(1):1-8.

Rodríguez-García M.E., Serna-Saldívar S.O., Sánchez-Sinencio F., 2008. Nixtamalización, del maíz a la tortilla. Aspectos nutrimentales y toxicológicos. Editorial Universidad Autónoma de Querétaro. México.

Seeran, N. 2008. Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol rich beverages in the United States. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 56(4):1415-1422

Su, M. y Chien, P. 2007. Antioxidant activity, anthocyanins and phenolics of blue corn (*Zea Mayz L.*). *Food Chemistry*. 104:181-187

White, P. 2007. High amylose corn exhibits better antioxidant activity than typical and waxy genotypes; *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 55:291-298

Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia

VELARDE-RODRÍGUEZ, María Guadalupe*†, BELTRÁN-ACOSTA, Ana Cristina, PICHARDO-VELARDE, Jorge Gerardo y AMEZCUA-VEGA, Claudia

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 25 de Septiembre, 2015

Resumen

Colágeno, proteína constituyente de los tejidos conjuntivos, es la más abundante en los organismos heterótrofos, tiene como función principal mantener la estructura de los tejidos, su resistencia y flexibilidad, resultando de alto valor comercial en industrias cosméticas, farmacéuticas, biomédicas y de materiales, por lo cual es conveniente buscar alternativas de obtención en diferentes organismos, abaratando los costos de producción sin dejar la calidad del colágeno. En Sinaloa existen más de 36 piscicultores inscritos al padrón estatal, cada uno produce una gran cantidad de desperdicios, originando contaminación después de extraer el producto de interés (músculo); por lo cual en el presente trabajo se buscó implementar un método de extracción de colágeno a partir de la piel de tilapia, estandarizando el método para su posible implementación en diferentes especies, además de corroborar que el producto obtenido del proceso es colágeno mediante el uso de marcadores moleculares comerciales de colágeno de rata y cerdo en electroforesis SDS-PAGE.

Colágeno, Tilapia, desechos, piel, electroforesis SDS-PAGE

Abstract

The collagen, a constituent protein from the connective tissue is the most abundant protein in heterotrophic organisms, whose main function is to maintain the structure of tissues, strength and flexibility, resulting in a high - commercial value into cosmetic, pharmaceutical, biomedical and materials industries, so it is wise to seek alternatives to obtain it from different organisms, lowering production's costs while the quality of collagen is the same as traditional extraction. In Sinaloa, there are more than 36 fish farmers enrolled in the state register, each of them produce a big waste causing pollution after removing their interest's product (muscle), which in this paper seeks to implement a method for extracting collagen from the skin of "tilapia", standardizing the method for possible implementation in different species, in addition to corroborate the product obtained in the process, using collagen markers from commercial rat and pig collagen in SDS-PAGE.

Collagen, Tilapia, waste, skin, SDS-PAGE electrophoresis

Citación: VELARDE-RODRÍGUEZ, María Guadalupe, BELTRÁN-ACOSTA, Ana Cristina, PICHARDO-VELARDE, Jorge Gerardo y AMEZCUA-VEGA, Claudia. Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-4: 631-639

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mvelarde@upsin.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El colágeno es una proteína constituyente de los tejidos conjuntivos, como la piel, los tendones y huesos, siendo así la proteína más abundante de los organismos heterótrofos; está compuesto por un conjunto de tres cadenas polipeptídicas (1000 aminoácidos por cadena) agrupadas en una estructura helicoidal, siendo esta la responsable de la rigidez y la resistencia de las fibras. (Prockop y Guzmán, 2002)

La principal función del colágeno es mantener la estructura de los tejidos y mejorar la fuerza, resistencia y flexibilidad de los tejidos. Gracias a estas características, el colágeno es de gran importancia en el campo de los materiales biomédicos y biomateriales, así como en la industria farmacéutica y cosmética. (Serrano, 2011)

Inicialmente, el colágeno se ha obtenido principalmente de origen porcino y bovino, sin embargo se buscan nuevas fuentes de extracción de la proteína debido al rechazo generado por las enfermedades bovinas que pueden pasar a los humanos y las creencias de carácter religioso. Una fuente que actualmente se estudia es la piel de pescado, subproducto del proceso de fileteo, considerado como desecho o residuo. (Lizarbe, 2001)

Los beneficios del colágeno de pescado son aprovechados por el potencial de ser más fácilmente absorbido por la piel humana que el de cualquier otro animal. Debido a la variedad de temperaturas y presiones acuáticas en las cuales viven los peces, el colágeno de pescado es resistente al daño físico y químico. (Kelly, 2010)

Los piscicultores del país, entre ellos los de Sinaloa presentan las pieles de pescado como desecho y debido al desarrollo de aplicaciones del colágeno, este se ha convertido en un producto de alta demanda en diferentes sectores productivos del país.

La presente investigación se diseñó con la finalidad de brindar un valor agregado a los desechos de la acuicultura, beneficiando a este mismo sector y a empresas del giro cosmetológico y biomédico, además de colaborar con la reducción de la contaminación creada por granjas acuícolas.

Metodología a desarrollar

Se realizó una extracción de colágeno proveniente de piel de tilapia, la cual cumplió con los estándares de calidad establecidos (Apariencia brillante, no decolorada, textura firme y elástica, así como olor característico a pescado fresco); las tilapias aceptadas fueron limpiadas y evisceradas. Posteriormente se realizó la reducción de tamaño de manera manual de la piel, la cual se lleva a cabo en cuadros de aproximadamente 1cm x 1cm, esto con el fin de facilitar el proceso de extracción, es importante manejarlo con este tipo de corte, ya que si se tritura, no se obtienen los resultados de la misma manera en cuanto al rendimiento.

Terminado la reducción de tamaño se procede a una decoloración de las pieles, utilizando como agente blanqueador hipoclorito de sodio al 0.525% (p/v) con un tiempo estimado para el proceso de 30 minutos a temperatura ambiente en relación 1:10 p/v con la muestra de piel. El resultado es piel sin su color característico grisáceo y sin microorganismos gracias al efecto desinfectante del hipoclorito de sodio, siendo así atractivo para las industrias de cosméticos y biomateriales por su color y su inocuidad.

Posterior al blanqueamiento se realizan tres lavados con agua destilada a la piel decolorada, con el fin de eliminar en su totalidad el hipoclorito de sodio y su posible interferencia en futuros pasos de extracción.

Continuando con la extracción, se realizó una hidrólisis enzimática, cuya función de esta etapa fue eliminar proteínas distintas al colágeno presente en la piel de pescado, las cuales se hidrolizan gracias a la acción de las proteasas de *Bacillus subtilis*, utilizando el reactivo comercial de SIGMA P3111-50mL al 3% utilizando buffer Tris-HCl en pH 8.6 con el fin de brindar estabilidad a las proteasas a lo largo del proceso. El volumen utilizado de proteasa es calculado en proporción 1:10 p/v.

La hidrólisis enzimática se realizó por un tiempo de 2:20 horas a temperatura de 35°C con oscilación mínima para maximizar el efecto de las proteasas. Al término de las 2:20 horas se realizaron tres lavados con agua destilada a la piel decolorada e hidrolizada, con la intención de eliminar las proteasas y el producto de estas en el medio.

Posterior a la hidrólisis se realizó la solubilización de colágeno en medio ácido, donde el colágeno presente en la matriz de la piel se separa completamente de esta. Los reportes indican al ácido acético como el agente utilizado para solubilizar el colágeno en concentraciones cercanas a 0.5M, por lo tanto se realizó bajo esa concentración durante 300 minutos, a una temperatura de 35°C y en proporción 1:10 p/v (Nagai and Suzuki 1999; Wang, et al. 2008; Duan, et al. 2009).

Para realizar una separación entre lo solubilizado y el residuo, se utilizó una filtración con papel filtro de poro mediano y con ayuda de filtros de plástico, además de eliminar los restos de piel del colágeno en estado líquido.

Al tener el colágeno en estado líquido se recomienda una precipitación con una solución de cloruro de sodio, gracias a las cargas iónicas que ésta sal proporciona a la proteína. La precipitación se realizó con NaCl al 12%, durante 7 horas, a temperatura ambiente y oscilación suave para evitar que el precipitado sufriera algún daño, además de eliminar cualquier interferencia de proteínas en el colágeno sólido.

Para recuperar íntegramente el colágeno en estado sólido se utilizó una filtración con papel filtro de poro mediano y filtros de plástico, el sólido que se obtuvo como retención del filtro fue colágeno sólido. Al término de este proceso el colágeno fue lavado tres veces con agua destilada con la finalidad de eliminar cualquier resto de ácido acético y de sales presentes en el líquido al pasar por el filtro.

El colágeno fue guardado en refrigeración a 4°C en frascos de cristal estériles, evitando contaminación de cualquier tipo.

Estandarización del método de extracción

Se realizaron dos corridas experimentales de extracción de colágeno donde se modificaron diferentes factores, los cuales fueron temperatura (28, 35 y 40°C), pH (7, 8.6 y 9), tiempo de blanqueamiento (15, 30 y 60 minutos), hidrólisis enzimática (2, 2:20 y 3 horas; 3%, 6% y 9% enzima), y por último precipitación salina (15 minutos, 7 y 12 horas). Las modificaciones a la técnica se encuentran descritas en el reporte de estadía de Beltrán, 2013.

Cuantificación de proteínas

Se realizó una cuantificación de proteínas totales con base al método de Bradford (Bradford, 1976) realizando una curva estándar con Seroalbúmina bovina (BSA) donde la muestra problema fue colágeno sólido, el cual se disolvió en ácido acético 0.5M y se cuantificó a 595nm.

El resultado de la cuantificación de proteínas sirve como indicador para cuantificación de rendimientos, así como para revisar el límite de detección en electroforesis SDS-PAGE con tinción de azul de commassie Blue R-250.

Análisis microbiológico

Se realizó con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. La cual explica cómo preparar y diluir las muestras para su análisis microbiológico, para obtener una distribución lo más uniforme posible de los microorganismos presentes en la porción de muestra, así como la preparación de los medios de cultivo para cuantificar bacterias coliformes en base a la técnica del número más probable.

Siguiendo con los procedimientos para verificar la inocuidad del colágeno se realizó el análisis de histamina, es decir, el grado de descomposición del colágeno proveniente del pescado, resultando negativo, aun cuando la muestra fue almacenada durante tres meses en refrigeración, por lo cual, puede ser utilizada en cualquier industria garantizando su conservación por un periodo igual o menor a éste.

Verificación de la extracción

Siendo la electroforesis una técnica de separación de moléculas cargadas por migración en un campo eléctrico según su peso molecular, se llevó a cabo la técnica conocida como SDS- PAGE en condiciones desnaturizantes y reductoras según Carrillo, 2013 donde SDS (Dodecilsulfato sódico) es el detergente aniónico a utilizar y PAGE (Electroforesis en gel de poliacrilamida) es el medio donde se realizó, a un valor del 7% (gel de retención) y 12% (gel de separación).

Se utilizaron dos marcadores de colágeno comercial los cuales fueron referencia para verificar que en la técnica de extracción se obtuvo realmente colágeno, los cuales son colágeno a partir de piel de cerdo de SIGMA® (#C9791-10MG) y colágeno a partir de cola de rata, marca SIGMA® (#C7661-5MG).

Resultados**a) Extracción de colágeno**

Después de realizar el protocolo de extracción se obtuvo una mezcla proteica de color blanco perla, de textura gelatinosa, espesa y húmeda, con olor débil a ácido acético, esto es debido a que el olor queda impregnado en la muestra tras varios intentos de lavado, este olor débil no representa un daño a su composición, por lo tanto la aplicación industrial es segura.

b) Estandarización del método de extracción.

Se detectó que siguiendo la metodología anteriormente descrita en la presente investigación se lleva a cabo la mejor extracción, con resultados puros y blancos. El análisis de dicha detección se realiza a continuación.

En el factor “temperatura” oscilando entre 28, 35 y 40°C, la proteasa es inactivada al entrar a los 40°C por lo cual no se registró ningún resultado al término de las dos corridas experimentales, mientras que la temperatura de 28°C al no estar en condiciones óptimas se registró un resultado de colágeno inferior a la mitad obtenido a los 35°C.

Por otro lado, en el factor “tiempo de blanqueamiento” se registró que pasados los 30 minutos se obtiene el mismo degradado de piel que en 60 minutos, sin embargo, el degradado a los 15 minutos es mínimo a comparación con el tiempo de 30 minutos.

En el factor “tiempo” para hidrólisis enzimática se ha encontrado una comparación mínima entre los tiempos 2:20 y 3 horas, resultando en un incremento de 10% de proteína total en el tiempo de 3 horas, mientras que en el tiempo de 2 horas la cantidad de proteínas totales es de 89% a comparación con 2:20 horas. Mientras que en el factor “% de enzima” 3, 6 y 9%, el resultado óptimo es el de 6% enzima, sin embargo, utilizando 3% de enzima se obtiene el 80% del resultado de 6% por lo cual, se optó por seguir utilizando esta cantidad por cuestiones de costo.

Siguiendo con la precipitación salina con el factor “tiempo”, 15 minutos, 7 y 12 horas, se encontró que el resultado a las 7 horas es óptimo a comparación con el de 15 minutos, ya que en el tiempo de 15 minutos se cuenta con el 59% del total, mientras que en el de 12 horas es igual al resultado obtenido a las 7 horas.

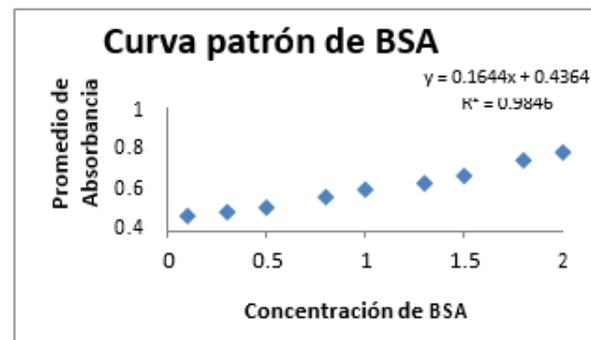
c) Cuantificación de proteína

Después de estandarizar el método de extracción se procedió a la cuantificación de proteínas totales por el método de Bradford, obteniendo la curva patrón con Seroalbúmina bovina.

Determinación (µg/mL)	Promedio ABS 595nm
0.1	0.470
0.3	0.489
0.5	0.511
0.8	0.563
1.0	0.600
1.3	0.630
1.5	0.667
1.8	0.744
2.0	0.783

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1 Resultados de la cuantificación de proteínas para la curva patrón por método de Bradford.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1 Curva patrón de Seroalbúmina

Con base a la curva patrón se utilizó la ecuación de la recta para llegar a la concentración de las muestras, esto es modificando la ecuación de tal forma que

$$x = ((Y \text{ Absorbancia promedio}) - 0.4364) / 0.1644$$

La R2 que se obtuvo en la curva patrón fue de 0.9846 siendo un resultado confiable a partir de 0.9800.

Por otra parte, la cantidad de proteína resultante en la muestra de colágeno fue de 0.495mg/mL (tabla 2), siendo una cantidad baja comparada con otros estudios, los cuales reportan una cantidad de proteína de 0.7mg/mL (Serrano, 2011; Gómez, 2011; Torres, 2008).

Lo cual se puede atribuir al hecho de que no se trabaja con la misma especie animal; además que el colágeno presente en las estructuras animales puede variar según sea la especie o bien el género del animal.

Muestra	Fecha	[Colágeno sólido]	PromAbs	[mg/mL]
Colágeno	4/02/14	0.25g/1mL	0.484	0.288
		0.50g/1mL	0.488	0.315
		1g/1mL	0.518	0.495
	28/04/14	0.25g/1mL	0.465	0.170
		0.50g/1mL	0.502	0.400
		1g/1mL	0.489	0.319
	5/05/14	0.25g/1mL	0.512	0.461
		0.50g/1mL	0.478	0.250
		1g/1mL	0.463	0.158
Marcador de Rata	0.3µg/ 75µL	0.490	0.325	
Marcador de Cerdo	0.5µg/ 100µL	0.498	0.374	

Tabla 2 Cuantificación de proteínas a muestras de colágeno en solución ácida. Concentraciones marcadas son detectables en electroforesis.

Por otro lado, la cuantificación de rendimiento se realizó de la siguiente manera con una muestra realizada el 7 Agosto de 2014.

Muestra	ABS 1	ABS 2	ABS 3	Promedio	Concentración
Colágeno	0.520	0.522	0.535	0.5257	0.5421

Tabla 3 Cuantificación proteínas totales.

La concentración anterior es en base a µg/mL, por lo que siguiendo con el análisis de la muestra:

0.5421 µg en 10µL, por lo tanto en 5mL se tienen 271.05 µg.

2.71mg en 5mL de muestra.

Tomando en cuenta que por cada 5g de piel de tilapia se obtienen 2.83g de colágeno hidrolizado, el producto final será de 76.69mg.

a) Análisis microbiológico.

Al terminar la incubación se procedió a la lectura de los medios de cultivo, donde cada muestra y cada dilución se realizan por triplicado, los resultados del análisis se muestran a continuación considerando los índices del Número Más Probable y límites de confianza al 95% establecidos en la norma NOM-242-SSA1-2009.

Caldo	[caldo]	Muestra sólida	
		Combinación	Índice del NMP por g
Lactosado	[1.5]	0-0-1	0.3
	[Sencilla]	0-1-0	0.3
Lauril-Sulfato-Triptosa	[1.5]	0-1-1	-
	[Sencilla]	2-1-0	1.5
Lactosa Verde Brillante		0-0-0	<0.3

Tabla 4 Resultados microbiológicos

En cambio en la muestra sólida el NMP es de 0.48 coliformes por gramo de muestra, y los límites de confianza en el 95% de los casos varía de 0.05 a 4.4 coliformes por gramo de producto.

Ambas cantidades se consideran como aceptables con base a la norma, y no se consideran como riesgo para la salud del consumidor.

a) Prueba de histamina a muestras de colágeno.

Con base a la prueba de histamina realizada en el "Laboratorio Químico Portillo" ubicado en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, con domicilio en Zaragoza #1206, depto. 102, colonia centro; se encontró que la muestra de colágeno líquido no contiene histamina detectable, ya que está por debajo de los 0.5 mg/kg y se puede observar en la Tabla 5.

Informe de prueba:

Parámetro	Unid	Resultado	Método de prueba	Análisis
HISTAMINA	Mg/kg	<0,5 (no detectable)	Espectrofotometría	AT 14.08.08

Tabla 5 Resultados de Histamina

b) Verificación de la extracción.

Al término de la corrida electroforética se pueden observar tres bandas por carril en las muestras y en los marcadores comerciales de colágeno a partir de rata y de cerdo, de alto peso molecular (Figura 1).

Los carriles correspondientes a “Rata Comercial” y “Cerdo Comercial” muestran los marcadores comerciales de colágeno obtenido de cerdo y rata mostrando las mismas bandas por carril entre ambas muestras comerciales.

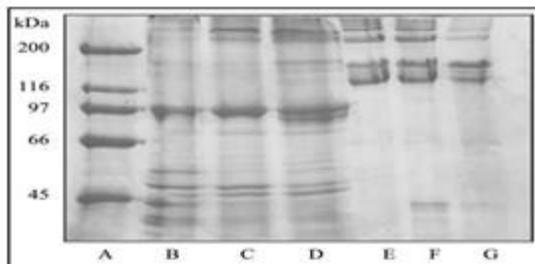


Figura 2. Electroforesis en gel de SDS-poliacrilamida en condiciones desnaturalizantes del colágeno extraído de calamar gigante (*Dosidicus gigas*). Carril A: marcador de peso molecular; B: colágeno soluble en sal extraído de manto; C: colágeno soluble en sal extraído de aleta; D: colágeno soluble en sal extraído de tentáculos; E: colágeno soluble en pepsina extraído de manto; F: colágeno soluble en pepsina extraído de aleta; G: colágeno soluble en pepsina extraído de tentáculos.

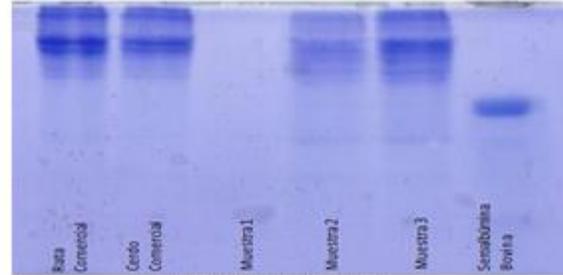
Fuente: Torres et al., (2008)

Figura 2 Electroforesis en gel de SDS

Los carriles correspondientes a las muestras 1, 2 y 3 fueron muestras extraídas en diferentes días, por el protocolo establecido en la presente investigación, las cuales presentan similitudes en las bandas de ambas muestras con las de las muestras de colágeno comercial rata y cerdo.

El carril correspondiente a la Seroalbúmina bovina se trata de una concentración conocida para corroborar que la técnica se realizó de la manera correcta.

Con ayuda del análisis bibliográfico se hizo una comparación entre bandas y geles de poliácridamida correspondientes a colágeno.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Electroforesis SDS-PAGE con colágeno comercial y muestras de colágeno

En el protocolo de extracción de colágeno de Torres, et al., (2008) reporta como resultado en su gel de poliácridamida, dos bandas α de alto peso molecular en las bandas B,C,D,E,F Y G señaladas en la Figura 2, las cuales son características del colágeno; esta información concuerda también con la información del estudio de Serrano (2011).

Anexos



Figura 4 Piel de Tilapia disminuido el tamaño con cortes de 1x1 aprox.

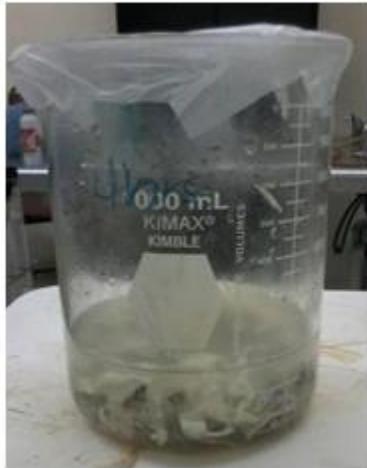


Figura 5 Desnaturalización con *Bacillus* sp.



Figura 6 Precipitación salina y filtración.



Figura 5 Producto extraído.

Agradecimiento

El presente proyecto fue realizado con el financiamiento y apoyo de la Universidad Politécnica de Sinaloa.

Agradecemos el apoyo brindado por el Rector Dr. Leonardo Germán Gandarilla y el Secretario Académico MC. José Isidro Osuna López.

Conclusiones

Se logró realizar la extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia de acuerdo al protocolo de extracción establecido.

Se purificó el extracto obtenido del protocolo de colágeno, pasando de estado líquido al sólido por precipitación y filtración.

Se logró la estandarización del método de extracción en base a la metodología de extracción establecida.

Se cuantificó la proteína obtenida de las muestras de extracción de diferentes días, las cuales presentan una cantidad de proteína baja en comparación con otros estudios en diferentes especies, sin embargo, es un método de transformación no utilizado para el ingreso al mercado de un subproducto de la acuicultura que puede ser rentable.

Se realizó un análisis microbiológico en base a la norma NOM-242-SSA1-2009, en el cual se controlan las especificaciones sanitarias y métodos de prueba de subproductos del pescado donde se consideró en base a los resultados como un producto no riesgoso para la salud.

Se corroboró mediante electroforesis la extracción de colágeno utilizando marcadores comerciales de colágeno de rata y cerdo, donde presentan tres bandas que en bibliografía y en técnica se pueden apreciar de las muestras de la extracción.

Referencias

- Prockop, DJ. Guzmán, NA. 2002. Tiempos médicos. Capítulo 4 “El colágeno”. España.
- Serrano, GJC. 2011. Estandarización de un proceso de extracción de colágeno a partir de los residuos de fileteo de tilapia (*Oreochromis*) y cachama (*Piaractusbrachypomus*). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Lizarbe, M. 1997. El colágeno, ¿un cemento biológico que mantiene la arquitectura y plasticidad tisular?. Real academia de ciencias. España.
- Kelly, J. 2010. Beneficios del Colágeno de pescado. Universidad de California. EUA.
- Nagai, T. Suzuki, T. 1999. Extracción de colágeno proveniente de desechos de pescado (piel, hueso y vísceras). *Química de Alimentos*. 430-442.
- Wang, L. An, X. 2008. Extracción y caracterización de colágenos provenientes de la piel, escama y hueso de peces rojos de aguas profundas (*Sebastesmentella*). *Química de Alimentos*. 616-623.
- Duan, RZJ. 2009. Propiedades del colágeno extraído de piel, escama y hueso de la carpa (*Cyprinus carpio*). *Química de Alimentos*. 702-706.
- Giraldo, GGA, et al. Capítulo 5: cuantificación de proteínas (método de Bradford). Laboratorio de Bioquímica: una visión práctica. Universidad del Quindío.
- Beltrán, AAC. 2013. Extracción de colágeno a partir de piel de tilapia. *UPSIN*. México. 5-15.
- Carrillo, SJG. 2013. Evaluación de Procedimientos de Tinción para el análisis de proteínas por electroforesis (SDS-PAGE). Universidad de Sonora.
- Gómez, L. 2011. Obtención y caracterización de colágena tipo 1 a partir de tendón bovino. Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Torres, A. 2008. Caracterización parcial del colágeno extraído a partir del manto, aleta y tentáculos de calamar gigante (*Dosidicus gigas*). En: *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 6, núm. 2. 101-108. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. México.

Instrucciones para Autores

A. Envió de artículos con las áreas de análisis y la modelación de los problemas en Ciencias Naturales y Agropecuarias

B. La edición del artículo debe cumplir las siguientes características:

- Redactados en español o en inglés (preferentemente). Sin embargo, es obligatorio presentar el título y el resumen en ambos idiomas, así como las palabras clave.

- Tipografía de texto en Time New Roman #12 (en títulos- Negritas) y con cursiva (subtítulos- Negritas) #12 (en texto) y # 9 (en citas al pie de página), justificado en formato Word. Con Márgenes Estándar y espaciado sencillo.

- Usar tipografía Calibre Math (en ecuaciones), con numeración subsecuente y alineación derecha: Ejemplo;

$$\sigma \in \sum: H\sigma = \cap_{(s < \sigma)} Hs \quad (1)$$

- Comenzar con una introducción que explique el tema y terminar con una sección de conclusiones.

- Los artículos son revisados por los miembros del Comité Editorial y por dos dictaminadores anónimos. El dictamen será inapelable en todos los casos. Una vez notificada la aceptación o rechazo de un trabajo, su aceptación final estará condicionada al cumplimiento de las modificaciones de estilo, forma y contenido que el editor haya comunicado a los autores. Los autores son responsables del contenido del trabajo y el correcto uso de las referencias que en ellos se citen. La revista se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los textos a nuestra política editorial.

C. Los artículos pueden ser elaborados por cuenta propia o patrocinados por instituciones educativas ó empresariales. El proceso de evaluación del manuscrito no comprenderá más de veinte días hábiles a partir de la fecha de su recepción.

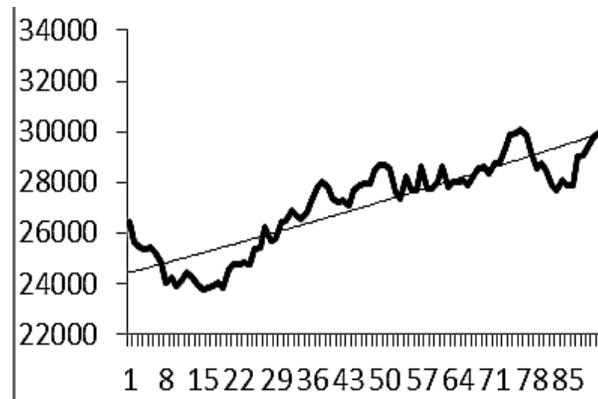
D. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de selección sea anónimo.

E. Los cuadros, gráficos y figuras de apoyo deberán cumplir lo siguiente:

- Deberán explicarse por sí mismos (sin necesidad de recurrir al texto para su comprensión), sin incluir abreviaturas, indicando claramente el título y fuente de consulta con referencia abajo con alineación izquierda en tipografía número 9 con negritas.

- Todo el material de apoyo será en escala de grises y con tamaño máximo de 8cm de anchura por 23cm de altura o menos dimensión, además de contener todo el contenido editable

- Las tablas deberán ser simples y exponer información relevante. Prototipo;



Gráfica 1. Tendencia determinista versus estocástica

F. Las referencias bibliográficas se incorporarán al final del documento con estilo APA.

La lista de referencias bibliográficas debe corresponder con las citas en el documento.

G. Las notas a pie de página, que deberán ser usadas sólo excepcionalmente para proveer información esencial.

H. Una vez aceptado el artículo en su versión final, la revista enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN-Bolivia únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del artículo. El autor tendrá un plazo máximo de 10 días naturales para dicha revisión. De otra forma, se considera que el (los) autor(es) está(n) de acuerdo con las modificaciones hechas.

I. Anexar los Formatos de Originalidad y Autorización, con identificación del Artículo, autor (s) y firma autógrafa, de esta manera se entiende que dicho artículo no está postulado para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales.

Formato de Originalidad



Sucre, Chuquisaca a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Sucre, Chuquisaca a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Bolivia a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Bolivia to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias

"Propiedades de Doce Razas Occidentales de Maíz Nativo (*Zea mays* L. poaceae) para Elaboración de Tortilla"

JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel, VÁZQUEZ-CARRILLO, Gricelda, RODRÍGUEZ-CHÁVEZ, Reyna y CARRIZALES-MEJÍA, Norberto

"Estudio de la toxicidad del extracto etanólico de *Justicia spicigera* en ratas tratadas por vía oral durante 30 días"

BALDERAS, Sheila, DEL TORO, Juan, ALVARADO, Brenda y LEÓN-Angel

"Sistema Acuapónico"

PÉREZ, Manuel, TÉLLEZ, Rubén, AVELINO, Roberto y TENORIO, Fermín

Híbridos de sorgo para grano: Rendimiento del primer ciclo"

PADILLA, José, AVENDAÑO, Adriana, SÁNCHEZ, José y JIMÉNEZ, Angel

"Extracción total de las antocianinas del maíz azul tzirantza y de sus productos nixtamalizados"

GARCIA, Liliana, YAHUACA, Berenice, CORTEZ, Consuelo y VÁZQUEZ, Pedro

"Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia"

VELARDE-RODRÍGUEZ, María Guadalupe, BELTRÁN-ACOSTA, Ana Cristina, PICHARDO-VELARDE, Jorge Gerardo y AMEZCUA-VEGA, Claudia

ISSN-2410-356X



www.ecorfan.org