

ISSN 2410-3551

Volumen 3, Número 7 — Abril — Junio — 2016

# Revista de Ciencias de la Salud

**ECORFAN<sup>®</sup>**

## Indización



**ECORFAN-Bolivia**

- Google Scholar
- Research Gate
- REBID
- Mendeley
- RENIECYT

## **ECORFAN-Bolivia**

### **Directorio**

#### **Principal**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

#### **Director Regional**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

#### **Director de la Revista**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

#### **Edición de Logística**

CLAUDIO-MÉNDEZ, Paul. BsC

#### **Diseñador de Edición**

LEYVA-CASTRO, Iván. BsC

Revista de Ciencias de la Salud, Volumen 3, Número 7, de Abril - Junio 2016, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN-2410-3551. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio 2016.

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**

TAVERA-CORTÉS, María Elena. PhD  
*Instituto Politécnico Nacional, México*

MONTERO-PANTOJA, Carlos. PhD  
*Universidad de Valladolid, España*

BLANCO-ENCOMIENDA, Francisco. PhD  
*Universidad de Granada, España*

SÁNCHEZ-TRUJILLO, Magda Gabriela. PhD  
*Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*

AZOR-HERNÁNDEZ, Ileana. PhD  
*Universidad de las Américas Puebla, México*

ALIAGA-LORDEMANN, Francisco Javier. PhD  
*Universidad de Zaragoza, España*

GARCÍA-BARRAGÁN, Luis Felipe. PhD  
*Universidad de Guanajuato, México*

ARANCIBIA-VALVERDE, María Elena. PhD  
*Universidad Pedagógica Enrique José Varona de la Habana, Cuba*

## **Consejo Arbitral**

PSA. PhD

*Universidad Autónoma Chapingo, México*

VDO. PhD

*Universidad Centroamericana, Nicaragua*

TGJC. PhD

*Instituto Politécnico Nacional, México*

ABD. PhD

*Instituto Politécnico Nacional, México*

GIMR. PhD

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

MBOM. PhD

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

SAOH. PhD

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

CHBM. PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana, México*

## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en las áreas de: Ciencias de la Salud.

En Pro de la Investigación, Docencia, y Formación de 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 de la Editora en Jefe.

En el primer número es presentado el *Análisis de perfil de textura y caracterización de carrageninas para uso en productos cárnicos* por HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, María del Rosario, NAVA-MARTÍNEZ, Modesto y ROJAS-CRUZ, Luis Ernesto con adscripción en Universidad Tecnológica del Sur del Estado de México, como segundo artículo está *Características antropométricas de jugadores mexicanos universitarios de balonmano por posición de juego* por LÓPEZ-GARCÍA, Ricardo, LAGUNES-CARRASCO, José Omar, CRUZ-CASTRUITA, Rosa María y CARRANZA-GARCÍA, Luis Enrique con adscripción en la Universidad Autónoma de Nuevo León, como siguiente número está *Desarrollo de un bocadillo bajo en calorías a partir de soya (Glycine max)* por REYES-TELLEZ, Carolina, PÉREZ-FERNÁNDEZ, María Susana, VERA-LÓPEZ, Obdulia y NAVARRO-CRUZ, Addí Rhode, como siguiente número está *Diseño de una planta a nivel piloto para la obtención de perlas deshidratadas elaboradas a base de un hidrogel de quitosano (patente en trámite)* por CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe, SOTO-ALCOCER, José Luis, GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio y CASTRO-URBINA, David con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente número está *Estudio de caso clínico en jugador amateur de basquetbol con presencia de puntos gatillo en recto femoral y la aplicación de punción seca en combinación de la modalidad térmica de ultrasonido terapéutico* por GARCIA, Ana, SASIA, Karen y AMARO, Osvaldo con adscripción en Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, como siguiente número está *Legalización de la Marihuana en México y su uso terapéutico* por CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe, VARGAS-CABRERA, Leticia, GARCÍA-GARCÍA, Raúl y LEMUS-HERNÁNDEZ, Julio César con adscripción en la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, como septimo y último capítulo está *Propiedades funcionales de semillas de papaya (Carica papaya L.)* por NAVARRO-CRUZ, Addí, ROJAS-ZENTENO, Eli, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martin y VERA-LÓPEZ, Obdulia.

## Contenido

Artículo	Pág
<b>Análisis de perfil de textura y caracterización de carrageninas para uso en productos cárnicos</b> HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, María del Rosario, NAVA-MARTÍNEZ, Modesto y ROJAS-CRUZ, Luis Ernesto	1-5
<b>Características antropométricas de jugadores mexicanos universitarios de balonmano por posición de juego</b> LÓPEZ-GARCÍA, Ricardo, LAGUNES-CARRASCO, José Omar, CRUZ-CASTRUITA, Rosa María y CARRANZA-GARCÍA, Luis Enrique	6-12
<b>Desarrollo de un bocadillo bajo en calorías a partir de soya (<i>Glycine max</i>)</b> REYES-TELLEZ, Carolina, PÉREZ-FERNÁNDEZ, María Susana, VERA-LÓPEZ, Obdulia y NAVARRO-CRUZ, Addí Rhode	13-20
<b>Diseño de una planta a nivel piloto para la obtención de perlas deshidratadas elaboradas a base de un hidrogel de quitosano (patente en trámite)</b> CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe, SOTO-ALCOCER, José Luis, GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio y CASTRO-URBINA, David	21-30
<b>Estudio de caso clínico en jugador amateur de basquetbol con presencia de puntos gatillo en recto femoral y la aplicación de punción seca en combinación de la modalidad térmica de ultrasonido terapéutico</b> GARCIA, Ana, SASIA, Karen y AMARO, Osvaldo	31-37
<b>Legalización de la Marihuana en México y su uso terapéutico</b> CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe, VARGAS-CABRERA, Leticia, GARCÍA-GARCÍA, Raúl y LEMUS-HERNÁNDEZ, Julio César	38-47
<b>Propiedades funcionales de semillas de papaya (<i>Carica papaya L.</i>)</b> NAVARRO-CRUZ, Addí, ROJAS-ZENTENO, Eli, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martin y VERA-LÓPEZ, Obdulia	48-57
<i>Instrucciones para autores</i>	
<i>Formato de originalidad</i>	
<i>Formato de autorización</i>	

## Análisis de perfil de textura y caracterización de carrageninas para uso en productos cárnicos

HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, María del Rosario†\*, NAVA-MARTÍNEZ, Modesto y ROJAS-CRUZ, Luis Ernesto

*Universidad Tecnológica del Sur del Estado de México*

Recibido Enero 15, 2016; Aceptado Junio 08, 2016

### Resumen

Las carrageninas son aditivos alimentarios ampliamente usados en la industria alimentaria. Dentro de sus aplicaciones más importantes está la de mejoradores de textura en productos cárnicos. Este trabajo tiene como objetivo analizar mediante la medición de sinéresis y Análisis de Perfil de Textura (TPA) de geles obtenidos de varios tipos de carragenina (en distinta concentración de tipos kappa, iota y lambda) disponibles como producto comercial dirigidos a la industria cárnica con la finalidad de llevar a cabo la actualización de la especificación en una empresa de ingredientes. Las muestras fueron codificadas para su análisis en alpha 1 a 7. Al establecer las relaciones entre los parámetros del TPA (dureza, adhesividad, fuerza 2, cohesividad, elasticidad y gomosidad), se determinó que las carrageninas alpha 2, 3 y 1 son las más estables; alpha 6 es la menos estable; y, alpha 4, 5 y 7 presentan características intermedias. Con estos datos se podrán realizar las modificaciones necesarias para dar una mejor asesoría en su uso en productos cárnicos.

### S Carragenina, Sinéresis, TPA

### Abstract

Carrageenans are food additives widely used in food industry. Among its most important applications is the texture enhancers in meat products. This work aims to analyze by measuring syneresis and Analysis Texture Profile (TPA) gels obtained from various types of carrageenan (in different concentrations of types kappa, iota, and lambda) available as a commercial product aimed at the meat industry with purpose of carrying out the specification update ingredients in a company. The samples were coded for analysis in alpha 1 to 7. When establishing the relationships between the parameters of TPA (hardness, adhesiveness, strength 2, cohesiveness, elasticity and gumminess), it was determined that the carrageenan alpha 2, 3 and 1 are the more stable; alpha 6 is the least stable; and alpha 4, 5 and 7 show intermediate characteristics. With these data may make the necessary changes to give better advice on their use in meat products.

### Carrageenan, Syneresis, TPA

**Citación:** HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, María del Rosario, NAVA-MARTÍNEZ, Modesto y ROJAS-CRUZ, Luis Ernesto. Análisis de perfil de textura y caracterización de carrageninas para uso en productos cárnicos. Revista de Ciencias de la Salud. 2016. 3-7: 1-5

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: rosario.hernandez@utsem.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

En la industria en general, el estudio de las propiedades de los materiales se ha vuelto relevante por la creciente necesidad de que estos satisfagan requerimientos específicos de desempeño (Gallardo, García-García y Welti-Chanes, 2015). Por otro lado, los cambios en el estilo de vida moderno y las nuevas tecnologías de procesamiento han llevado a un rápido aumento en el consumo de comidas preparadas, alimentos novedosos y desarrollo de alimentos bajos en grasa (Ramírez-Sucre y Vélez-Ruiz, 2009).

Por tanto, se han desarrollado carrageninas específicamente como sustitutos de grasa o mejoradores de características texturales (Saha and Bhattacharya, 2010); esto en consecuencia, ha dado lugar a un aumento en su demanda.

Las carrageninas son polisacáridos de alto peso molecular con contenido de éster sulfatos de 15 % a 40% formados por unidades alternadas de D-galactosa y 3,6-anhidro-galactosa unidas por ligaduras  $\alpha$ -1,3 y  $\beta$ -1,4-glucosídicas; la posición y el número de grupos éster sulfato así como el contenido de anhidro-galactosa determinan las diferencias primarias entre los tipos de carragenina kappa, iota y lambda.

Así, mayores contenidos de grupos éster sulfato implican una menor fuerza de gelificación y baja temperatura de solubilización (Kianfar, Ayensu and Boateng, 2013).

Estas carrageninas se emplean para modificar la textura y brindar características específicas en diversas formulaciones alimenticias (Saha and Bhattacharya, 2010; Ramírez-Sucre y Vélez-Ruiz, 2009); dando lugar a altas viscosidades a bajas concentraciones y son de estudio complejo, lo que hace que su descripción a través de correlaciones matemáticas sea de gran interés (Torres et al, 2015).

Teniendo en cuenta estos aspectos, el objetivo de este trabajo fue realizar la caracterización de 7 tipos de carrageninas (mezclas de carrageninas) que tiene en catalogo una empresa dedicada a la innovación de ingredientes para la industria para que con el estudio se indique el uso en productos cárnicos de estos productos comerciales; las pruebas utilizadas en la evaluación son TPA (Análisis de Perfil de Textura) y determinación de sinéresis. En particular, el TPA es una prueba desarrollada por Szczesniak que simula en proceso de masticación (Hleap y Velasco, 2010) y constituye una medición objetiva de la textura de los alimentos. Así los resultados que se obtengan servirán de base para las especificaciones de las mezclas de carragenina y su uso en la producción de productos derivados de la carne.

## Metodología

Preparación de geles de carrageninas. Se prepararon dispersiones de carragenina al 2,5%, en agua a 4°C, se fue mezclando la carragenina con ayuda de una propela con motor Heidolph® (4 minutos), se pasteurizaron a 72°C, se colocó en moldes de 60-70 g cada uno, las porciones se introducen en bolsas de plástico, se etiquetan y se almacenan en refrigeración hasta su uso.

Medición de sinéresis. La carragenina recién preparada se coloca en moldes en porciones de 60 a 70 g c/u, antes que estos solidifiquen, se codifican, dejan enfriar y se meten en bolsas de plástico; se introducen al refrigerador, registrando la hora de ingreso; pasadas 24 horas se retiran las muestras, se les retira el molde y con papel absorbente se limpia el agua liberada. Se pesan los geles y se hace el cálculo con la ecuación 1.

$$\text{sinéresis} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100 \quad (1)$$

Al resultado de agua total liberada se le determina el porcentaje de agua liberada, con la ecuación 2.

% agua liberada = Agua total liberada en gramos/ peso final del gel (2)

**Análisis del Perfil de Textura.** Se programó el texturómetro y se realizó una curva fuerza-tiempo. En el ciclo de compresión se mide la dureza y en la retirada de la sonda, las propiedades adhesivas.

**Análisis Estadístico.** Todas las pruebas en la prueba de TPA se realizaron en seis repeticiones. Se reportan las medias de cada muestra de carragenina. Para la medición de sinéresis se calcula la desviación estándar y el coeficiente de variación y se hace en 15 repeticiones.

## Resultados

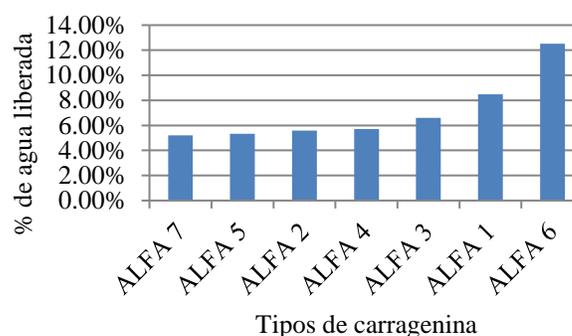
En cuanto a la prueba de sinéresis de los tipos de carragenina estudiados, codificadas como alpha 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, que son muestras de un producto comercial (a diferentes concentraciones de kappa, iota y lambda), los datos obtenidos se observan en la tabla 1.

Carragenina	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Alpha 1	8,48%	1,25%	14,70%
Alpha 2	5,58%	0,54%	9,13%
Alpha 3	6,59%	0,37%	5,54%
Alpha 4	5,72%	0,77%	13,48%
Alpha 5	5,32%	0,43%	5,32%
Alpha 6	12,52%	2,30%	18,33%
Alpha 7	5,21%	1,22%	23,45%

**Tabla 1** Resultados prueba de sinéresis de tipos de carrageninas. *Fuente: Elaboración Propia*

En el gráfico 1, se muestran los resultados ordenados de menor a mayor pérdida de agua después de su gelificación. Todas las muestras de carragenina tuvieron sinéresis. No hubo pérdida de agua mayor al 13%, esto indica una fuerte interacción de la carragenina con el agua (Saha and Bhattacharya, 2010; Ramírez-Sucre y Vélez-Ruiz, 2009).

De igual forma se puede observar que Alpha 7, 5, 4 y 2 ofrecen una menor pérdida de agua, del 5,21 – 5,58% durante un reposo de 24 h, presentando estabilidad en dispersión (presentan buena retención de agua), se recomienda su uso para marinadores para producciones donde se prolongue el tiempo de enfriamiento o requieran congelación.



**Gráfico 1** Agua liberada en las muestras de carragenina. *Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 2 y 3 se presentan los resultados promedios de la evaluación de TPA en el texturómetro. Para relacionar los resultados de TPA con la caracterización de las carrageninas lo estableceremos con la interacción que tienen las moléculas de carragenina que pueden ser expresados como dureza, elasticidad, cohesividad y gomosidad (Torres et al, 2015) las cuales se consideran como más importantes para el proyecto, hay que enfatizar que la evaluación de TPA no es una relación directa hacia la carragenina como alimento si no como capacidad de retención y estabilidad al interactuar con el agua al formar un gel. La dureza se ve reflejada durante el primer ciclo de compresión en el punto más alto y la fuerza 2 (relacionada al parámetro de fracturabilidad) durante la segunda compresión lo que conlleva una relación directa entre estas dos variables (Zuñiga-Hernández et al, 2007).

Se observa que tiene una mayor interacción la carragenina alpha 2 sobre las demás carrageninas; pero en cuanto a estabilidad se presentan la carragenina alpha 2 y 3.

HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, María del Rosario, NAVA-MARTÍNEZ, Modesto y ROJAS-CRUZ, Luis Ernesto. Análisis de perfil de textura y caracterización de carrageninas para uso en productos cárnicos. Revista de Ciencias de la Salud. 2016

Ya que no presentan una diferencia en cuanto la relación de dureza y fuerza 2; en comparación con las otras carrageninas; esto demuestra que hubo fractura de gel durante la segunda compresión o al término del primer ciclo, lo que para fines prácticos demuestra una buena estabilidad del gel.

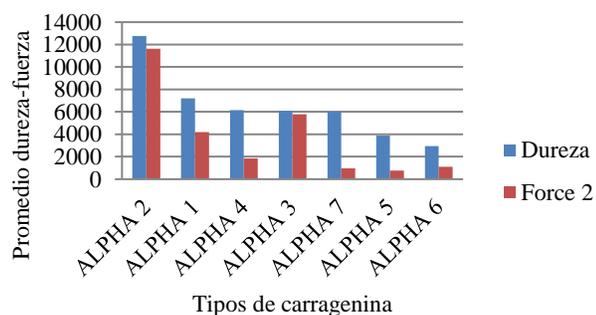
Test ID	Dureza (N)	Force 2 (N)	Adhesividad (J)	Elasticidad (adimensional)
Alpha 1	7192,12	4189,675	-13,448	0,707
Alpha 2	12772,89	11614,57	-41,67	0,78
Alpha 3	6099,415	5781,857	-31,286	0,825
Alpha 4	6161,307	1831,526	-41,467	0,732
Alpha 5	3879,807	763,369	-15,882	1,279
Alpha 6	2955,182	1100,853	-9,884	0,562
Alpha 7	6049,16	975,325	-34,983	0,496

**Tabla 2** Resultados iniciales prueba de TPA. Fuente: *Elaboración Propia*

Test ID	Cohesividad (Relación $A_2/A_1$ )	Gomosidad (N)	Masticabilidad (N)
Alpha 1	0,294	2139,292	1520,243
Alpha 2	0,54	6864,01	5338,75
Alpha 3	0,655	3961,408	3271,988
Alpha 4	0,155	947,94	726,028
Alpha 5	0,11	432,169	668,711
Alpha 6	0,157	467,713	268,979
Alpha 7	0,065	387,319	195,929

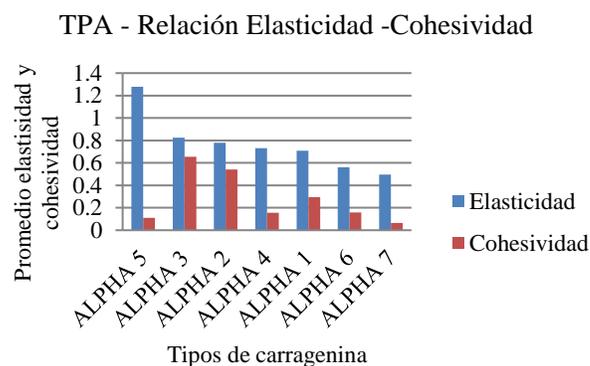
**Tabla 3** Resultados finales prueba de TPA. Fuente: *Elaboración Propia*

TPA- Relación Dureza y Fuerza 2



**Gráfico 2** TPA relación dureza y fuerza 2. Fuente: *Elaboración propia*

Otra de las pruebas que ayudan a entender la capacidad de estabilidad del gel es la relación entre la elasticidad y cohesividad (Bourne, 1978), ya que siempre va a ser menor la cohesividad; sin embargo en cuanto menos sea la diferencia entre ambas, el gel después de un tratamiento mecánico puede regresar a su forma original sin sufrir algún daño que se ve reflejado en forma física, así las carrageninas alpha 3, 2 y 1 se pueden considerar como los gels más estables (ver Gráfico 3).



**Gráfico 3** TPA relación elasticidad y cohesividad. Fuente: *Elaboración propia*

Otra información que puede ofrecer el texturómetro para la caracterización de las carrageninas está en la variable de gomosidad (Hleap y Velasco, 2010) que haciendo referencia a su significado podemos relacionarlo como la capacidad de mantener su estabilidad (interacción carragenina y agua) hasta desintegrarse como una estructura de gel y comenzar a fracturarse, esta fractura puede ser puntual o en cadena.

Los resultados más importantes obtenidos se resumen en las muestras alpha 2, 3 y 1.

Por último, no se recomienda el uso de la carragenina alpha 6 en marinadores que vayan a aplicar cocimiento ya que tuvo los datos más bajos de las pruebas, que se relaciona con su inestabilidad como gel. Se recomienda trabajar esta carragenina para fluidos más viscosos como natillas, aderezos y yogurt para mejorar el cuerpo del sistema pero no en embutidos.

## Conclusiones

En los resultados obtenidos de las variables más importantes de TPA como dureza, fuerza 2, gomosidad, adhesividad y cohesividad, se establece que las carrageninas con mayor estabilidad son: alpha 3, 2 y 1. Dentro de la caracterización que se realizó se pudo observar que cada tipo de carragenina tiene diferentes características que en un producto final darán diferentes resultados y pueden utilizarse para obtener un producto terminado, con o sin rendimiento. De estas mezclas, será necesario hacer pruebas piloto antes de que decidan usarse en la producción a escala de productos cárnicos.

## Referencias

- Bourne, M.C. (1978). Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32(1): 62-66.
- Gallardo, C., García-García, R. y Welte-Chanes, J. (2015). Innovación en el desarrollo y mejora de productos cárnicos e través del uso de altas presiones hidrostáticas. *NACAMEH* 9(1): 19-53.
- Hleap, J.I. y Velasco, V.A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8(2):46-56. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n2/v8n2a07.pdf>
- Kianfar, F., Ayensu, I. and Boateng, J.S. (2013). Development and physico-mechanical characterization of carrageenan and poloxamer-based lyophilized matrix as a potential buccal drug delivery system. *Drug Development and Industrial Pharmacy* 40(3): 361-369.
- Ramírez-Sucre, M.O. y Vélez-Ruiz, J.F. (2009). Efecto de la incorporación de estabilizantes en la viscosidad de bebidas lácteas no fermentadas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 3(2): 4-13.
- Saha, D. and Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *J Food Sci Technol* 47(6): 587-597. DOI 10.1007/s13197-010-0162-6.
- Torres-González J.D., González-Morelos, K.J. y Acevedo-Correa, D. (2015). Análisis del Perfil de Textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *ReCiTeIA*, 14(2):63-75. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283352303\\_Analisis\\_del\\_Perfil\\_de\\_Textura\\_en\\_Frutas\\_Productos\\_Carnicos\\_y\\_Quesos](https://www.researchgate.net/publication/283352303_Analisis_del_Perfil_de_Textura_en_Frutas_Productos_Carnicos_y_Quesos)
- Zuñiga-Hernández, C.A., Ciro-Velázquez, H.J. y Osorio-Saraz, J.A. (2007). Estudio de la dureza del queso edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. *Rev.Fac.Nal.Medellin*, 60(1): 3797-3811. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v60n1/a12v60n1.pdf>

## Características antropométricas de jugadores mexicanos universitarios de balonmano por posición de juego

LÓPEZ-GARCÍA, Ricardo †\*, LAGUNES-CARRASCO, José Omar, CRUZ-CASTRUITA, Rosa María y CARRANZA-GARCÍA, Luis Enrique

*Facultad de Organización Deportiva, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.*

Recibido Diciembre 04, 2015; Aceptado Abril 01, 2016

### Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar las características cineantropométricas de jugadores varoniles universitarios de balonmano por posición de juego. Este estudio de tipo descriptivo transversal se conformo de 38 jugadores de balonmano agrupados por posición de juego (portero, pivot, central, extremo y lateral). Se realizaron mediciones antropométricas con la técnica de la International Society for the Advancement of Kinanthropetry (ISAK), donde se midió peso, talla, pliegues, circunferencias y diámetros, para obtener la composición corporal de cinco compartimentos (muscular, adiposa, residual, ósea y piel) y el somatotipo de Heath-Carter con sus 3 biotipos (endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo). Los resultados obtenidos muestran que los porteros suelen tener mayor masa corporal con diferencias significativas que los centrales ( $p < 0.05$ ), pero menor peso que los laterales ( $p < 0.01$ ), aun así los pivots obtuvieron mayor masa corporal pero sin diferencia significativa. En la estatura los laterales obtuvieron mayor valor con significancia que los pivots ( $p < 0.05$ ). En el biotipo, predomina el mesomorfismo-endomorfismo, encontrando mayor significancia en los extremos que los centrales en el mesomorfismo ( $p < 0.05$ ), y los porteros obtuvieron mayor significancias que los laterales ( $p < 0.05$ ) en el endomorfismo. El perfil del somatotipo predomina el mesomorfo-endomorfo, lo que indica que hay una prevalencia del músculo-esquelético y de la grasa sobre el componente final, lo cual es un factor de rendimiento físico clave para soportar el contacto corporal frente al adversario.

**Balonmano, composición corporal, somatotipo**

### Abstract

The aim of this study was to determine the kineanthropometric characteristics of male handball university players by their game position. This is a transversal-descriptive study which involved 38 handball players divided by their game position (goalkeeper, pivot, center, wing, full back). Anthropometric measures were done with the standards of the International Society for the Advancement of Kinanthropetry (ISAK), where we measured weight, height, skin folds, circumferences and diameters, to obtain the corporal composition of five compartments (muscular index, fat mass index, residual index, bony index and skin index) and the Heath-Carter somatotype with their three biotypes (endomorphic, mesomorph and ectomorph). The results point that the goalkeepers tend to have more corporal mass index with significant differences than the centers ( $p < 0.05$ ), but less weight than wingers ( $p < 0.01$ ), yet the pivot players obtained a bigger corporal fat mass index than the other players but without a significant difference. In the height, the wingers got more value with significance than the pivot players ( $p < 0.05$ ). In the biotype, predominates the mesomorph-endomorphic somatotype, finding a bigger significance in the backs than the center players in the mesomorph somatotype ( $p < 0.05$ ), and the goalkeepers showed more significances than the wingers ( $p < 0.05$ ) in the endomorphic somatotype. The somatotype profile that predominated was the mesomorph-endomorph, which indicates that there is a prevalence of the skeletal muscle and the fat over the final component, which is a key factor of physical performance to support the corporal contact in front of the adversary.

**Handball, Body composition, Somatotype**

**Citación:** LÓPEZ-GARCÍA, Ricardo, LAGUNES-CARRASCO, José Omar, CRUZ-CASTRUITA, Rosa María y CARRANZA-GARCÍA, Luis Enrique. Características antropométricas de jugadores mexicanos universitarios de balonmano por posición de juego. Revista de Ciencias de la Salud. 2016. 3-7: 6-12

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ricardo.lopezg@uanl.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El balonmano es un deporte de conjunto que exige una gran capacidad física, emocional y cognitivo. Un juego se lleva a cabo en 2 tiempos de 30 minutos, y se enfrentan 14 jugadores, siete por cada equipo.

A lo largo de los años se ha observado un aumento del tamaño y forma de los jugadores de balonmano. Esta tendencia se ha atribuido especialmente a las mejoras en la condición de vida, nutrición y globalización del juego del balonmano (Norton, 2001).

Srhoj, Marinovic y Rogulj 2002, manifiestan que las características antropométricas tienen un papel muy importante en el rendimiento los jugadores, por otro lado, se ha considerado como un factor de rendimiento en la detección de talentos deportivos (Ziv & Lidor, 2009). Por ello, las exigencias antropométricas requeridas por los jugadores de balonmano de alto nivel son parcialmente específicas en importantes en cada posición de juego, y compatibles con las demandas kinesiológicas específicas para los jugadores (Cavala et al., 2008; Duquet & Carter, 2001; Rogulj et al., 2005, Smith, 1998 Sporiš, Vuleta, Vuleta Jr, & Milanović, 2010).

Estudios anteriores (Massuça & Frago 2015; Mohamed et al. 2009; Ružbarský, & Smerecká, 2012; Ružbarský, Smerecká, & Petrovič, 2012; Šibila, & Pori, 2009; Srhoj, Marinović, & Rogulj, 2002) reafirman que el perfil del somatotipo es uno de los factores morfológicos que determina la ejecución eficaz de habilidades motoras específicas dentro del juego. Por ello, clasifican el biotipo como meso-ectomorfo o mesomorfo balanceado el primero representando mayor tejido adiposo y músculos grandes y el segundo representando una linealidad entre los componentes ectomorfo y endomorfo (Lentini, Cardey, Aquilino & Dolce, 2004; Urban & Kandrác, 2013).

En México esta disciplina deportiva ha ido ganando popularidad en la última década, no obstante pocos estados de la república mexicana que han destacado por estar dentro de los primeros lugares en todos los eventos nacionales como la Olimpiada Nacional o Universiada Nacional.

Dentro de la Universiada Nacional el balonmano fue incluido desde el año 2008, desde entonces, las universidades del norte de México han destacado por estar dentro de los primeros lugares del torneo. Por ello, nace la necesidad de conocer las características antropométricas de estos jugadores. Por lo tanto nuestro objetivo de investigación es determinar el somatotipo y composición corporal por posición de juego de jugadores mexicanos universitarios.

## Metodología

Este estudio fue de tipo descriptivo transversal. 38 jugadores de balonmano divididos por posición de cancha participaron de manera voluntaria. 6 Porteros ( $20.33 \pm 1.50$ ), 6 pivot ( $21 \pm 1.26$ ), 5 centrales ( $22.20 \pm 1.78$ ), 10 extremos ( $21.20 \pm 2.39$ ) y 9 laterales ( $22.44 \pm 2.24$ ), donde se determinó la composición corporal a través de la antropometría con pliegues cutáneos, diámetros pequeños, diámetros grandes y circunferencia, obteniendo compartimentos corporales y el somatotipo.

El procedimiento se realizará a primera hora de la mañana donde se les cito en ayunas 8 horas antes de las pruebas de medición, a todos los jugadores se les entregarán un consentimiento informado, garantizándose la confidencialidad de los datos y la descripción del protocolo de estudio.

En la antropometría las mediciones se realizaron por una persona certificada del ISAK con técnicas descritas en el Manual de Protocolo Internacional para la valoración Antropométrica (Stewart et al., 2011).

Se midió la estatura a través del estadiómetro seca 213 (20 - 205 cm  $\pm$  5 mm), el peso se utilizó la báscula impedancia bioeléctrica Tanita TBF-300 (0 - 200 kg  $\pm$  0.01 kg). Con estos dos valores obtendremos el Índice de Masa Corporal (IMC). La talla sentada se mide a través de un banco antropométrico, cinta y escuadra. La envergadura fue medida con papel cuadriculado.

Los pliegues cutáneos se midieron con el plicómetro Harpenden Skinfold Caliper Model. Se tomaron los pliegues tríceps, bíceps, subescapular, cresta ilíaca, supraespal, abdominal, muslo medio y pierna medial. Para las circunferencias se utilizó una cinta métrica Rosscraft tomando los perímetros de la cabeza, cuello, brazo relajado y contraído, antebrazo máximo, muñeca, tórax meso-esternal, abdomen, onfálico abdominal, cadera máxima, muslo máximo, muslo medio, pantorrilla máximo y tobillo mínimo. Y para las mediciones de los diámetros se utilizó el antropómetro pequeño y grande Rosscraft Tommy 3 tomando el biacromial, anter-posterior abdominal o sagital, bi-iliocrestídeo, torax transverso, torax anteroposterior, muñeca, bi-epicondilo humeral, bi-epicondilo femoral, y tobillo. Todas las tomas se midieron por duplicado y se tomó el promedio de las mediciones como el valor final a considerar. Todas las mediciones fueron realizadas del lado derecho del cuerpo. El error técnico de la medición (ETM) intraobservador se consideró dentro de los límites reportados por el Manual de Referencia para la Estandarización Antropométrica.

Una vez obtenido los valores de las mediciones realizadas se determinó la composición corporal donde se utilizó el método de cinco compartimentos, que son la masa adiposa, masa muscular, masa ósea, masa residual y masa piel (Kerr et al., 1988). En el somatotipo se utilizará un programa de antropometría utilizando el método somatotípico de Carter (Carter y Heath, 1990; Carter, 2002). Los cuales indican biotipo del individuo: endomórfico, mesomórfico y ectomórfico.

Las medidas obtenidas fueron volcadas en una base de datos y luego analizadas empleando el paquete estadístico de SPSS versión 20 para aquellas medidas en escala ordinal o superior, se computó las estadísticas: número de casos, media, desvío estándar. Cuando fue necesario se realizó como pruebas de significación

## Resultados

Se midió la composición corporal con el método de la antropometría, donde se obtuvieron mediciones básicas de peso, estatura e IMC. Se determinaron los cinco compartimentos del cuerpo humano (masa adiposa, masa muscular, masa ósea, masa residual y masa piel) y somatotipo con sus tres biotipos (endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo). En los cuales se obtuvo la media y desviación estándar de cada variable.

En las mediciones básicas observamos que en el peso corporal de los porteros, pivot y laterales tienen mayor masa que los centrales y extremos, solo encontrándose diferencias significativas entre porteros con los centrales ( $p < 0.05$ ) y los laterales con los porteros ( $p < 0.01$ ). En la estatura los laterales fueron los más altos y después los pivot, encontrándose diferencias significativas ( $p < 0.01$ ). Estos últimos también fueron más altos significativamente que los centrales ( $p < 0.05$ ) y que los extremos ( $p < 0.05$ ). El IMC todos los jugadores se colocaron en el rango normal según la World Health Organization (2000), menos los pivot que se colocaron con un IMC de sobrepeso (Tabla 1).

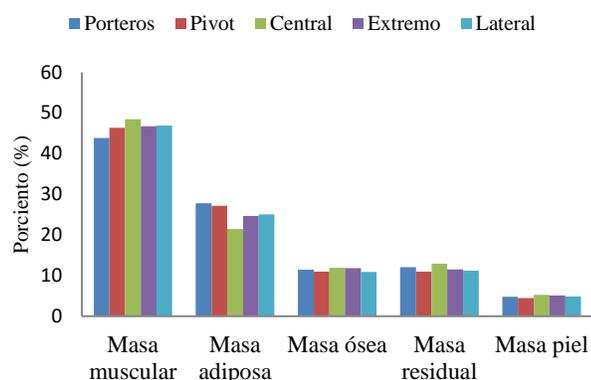
Posición	Peso (kg)	Talla (cm)	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )
Porteros	80.70 $\pm$ 14.39	179.55 $\pm$ 7.60	24.06 $\pm$ 2.36
Pivot	88.56 $\pm$ 8.144	180.55 $\pm$ 7.68	27.34 $\pm$ 3.56
Central	72.24 $\pm$ 4.32	177.60 $\pm$ 3.95	22.96 $\pm$ 1.57
Extremo	75.70 $\pm$ 9.24	179.96 $\pm$ 4.83	24.44 $\pm$ 3.92
Lateral	84.52 $\pm$ 4.96	185.07 $\pm$ 4.72	24.77 $\pm$ 2.23

**Tabla 1** Análisis estadísticos comparativos de las mediciones básicas de los jugadores de balonmano por posición de juego

En los resultados de cinco compartimentos (Gráfico 1), con respecto a la masa muscular todos obtuvieron entre 43 a 48 %, pero no se encontraron diferencias entre posiciones. Los porteros presentaron mayor masa adiposa con un 27.83 % y los centrales con menor masa adiposa 21.45 %, pero no se encontraron diferencias significativas.

En la masa ósea los pívot obtuvieron valores mayores significantes que los laterales ( $p < 0.05$ ), pero con respecto a los centrales, lo pívot tiene valores bajos significantes ( $p < 0.05$ ).

En la masa residual hubo valores significantes de los centrales con respecto a los laterales ( $p < 0.05$ ) y en la masa piel los centrales obtuvieron diferencias significantes con los porteros ( $p < 0.05$ ) que fueron los más bajos (Tabla 2).



**Gráfico 1** Características gráficas de los cinco compartimentos de los jugadores de balonmano por posición de juego.

Compartimento	Posición	Media
% Masa muscular	Portero	43.85 ± 4.75
	Pívot	46.35 ± 2.95
	Central	48.48 ± 3.09
	Extremo	46.74 ± 3.64
	Lateral	46.90 ± 3.17
% Masa adiposa	Portero	27.83 ± 5.20
	Pívot	27.20 ± 3.97
	Central	21.45 ± 3.65
	Extremo	24.69 ± 3.82
	Lateral	25.07 ± 4.12
% Masa ósea	Portero	11.46 ± 1.29
	Pívot	10.97 ± 1.70

	Central	11.88 ± 0.28
	Extremo	11.84 ± 0.99
	Lateral	10.86 ± 0.68
% Masa residual	Portero	12.03 ± 1.15
	Pívot	10.96 ± 1.06
	Central	12.89 ± 2.49
	Extremo	11.55 ± 0.95
% Masa piel	Lateral	11.19 ± 0.64
	Portero	4.79 ± 0.48
	Pívot	4.49 ± 0.33
	Central	5.28 ± 0.22
	Extremo	5.09 ± 0.38
	Lateral	4.85 ± 0.32

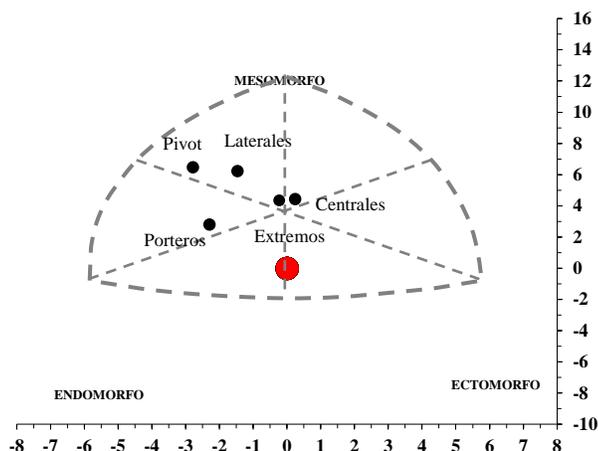
**Tabla 2** Análisis estadísticos comparativos de las mediciones de cincocompartimentos de los jugadores de balonmano por posición de juego

En lo que se refiere en el somatotipo (Gráfico 2), en todas las posiciones predomina el mesomorfismo-endomorfismo y el meso-endomorfismo, aunque en el endomorfismo los porteros y pívot obtuvieron valores más altos que en las demás posiciones, solo se encontró diferencias significantes entre porteros que arrojaron valores mayores que los laterales ( $p < 0.05$ ), y en el mesomorfismo los pívot obtuvieron un valor más elevado en este biotipo.

No obstante se encontraron diferencias significantes entre extremos que obtuvieron un valor mayor que los centrales ( $p < 0.05$ ). Únicamente los centrales obtuvieron un mesomorfismo balanceado (Tabla 3).

Posición	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Portero	4.25 ± 1.65	4.50 ± 0.92	1.96 ± 0.86
Pívot	4.41 ± 1.35	6.25 ± 1.17	1.63 ± 1.25
Central	2.41 ± 0.71	4.74 ± 0.76	2.65 ± 0.86
Extremo	2.92 ± 1.09	4.97 ± 1.44	2.69 ± 1.38
Lateral	3.41 ± 0.85	5.79 ± 2.75	1.95 ± 1.16

**Tabla 3** Análisis estadísticos comparativos de los jugadores de balonmano por posición de juego



**Gráfico 2** Somatocarta con los somatotipos medios de los jugadores de balonmano por posición de juego

## Discusión

Los resultados obtenidos arrojan una estatura superior en la posición laterales con relación a las demás posiciones de juego, seguido por pivot, donde se encontró diferencias significativa entre estas dos posiciones ( $p < 0.01$ ), estos resultados son similares a los encontrados en el estudio de Ghobadi et al, (2013), con una muestra de jugadores del campeonato del mundo 2013 y del estudio de Hasan et al, (2007) con muestra de jugadores asiaticos, donde los laterales y pivot son los de mayor estatura, pero con valores más altos que nuestra muestra, obteniendo mediciones superiores al 190 cm. En comparación al estudio de Ramos et al, (2014) jugadores de la liga ASOBAL (España) donde los pivot (194.25 cm) y los porteros con (193 cm) fueron con mayor estatura seguido por los laterales (191.42 cm), aun así nuestros jugadores son inferiores en la estatura a comparación de estos estudios. Por lo que, lleva a reflexionar sobre el papel importante de la talla cuando se proyecte un atleta a alguna de estas posiciones de juego, debido a las exigencias de cada posición destaca el portero así mismo presenta mayor envergadura lo que le permitirá abarcar más espacio en la portería y por ende el rendimiento deportivo será mayor.

En el peso corporal de nuestros jugadores, los pivot, laterales y porteros presentaron mayor peso, estas dos últimas posiciones con diferencias significativas ( $p < 0.01$ ). Estos resultados son muy similares a los del estudio de Ghobadi et al, (2013) y el estudio de Ramos et al, (2014), donde igual manera sus pivot, laterales y porteros presentaron mayor peso, pero sus valores son muy superiores al de nuestros jugadores obteniendo resultados por arriba de los 90 kg y hasta los 100 kg, obviamente estos resultados superiores arrojados es por su estatura corporal elevada. Actualmente estimar la composición corporal de los atletas y hacer comparaciones es un poco complejo por las distintas formas de obtener el porcentaje adiposo, muscular, residual, óseo y piel, utilizando medios como impedancia bioeléctrica (inbody y tanita), Absorciometría Dual de Rayos X (DEXA), pletismografía por desplazamiento de aire (BOD POD) y mediciones antropométricas.

En nuestro estudio aplicado el método antropométrico de cinco compartimentos obtuvimos resultados similares de masa muscular al estudio de Massuça & Frago, (2013) en las posiciones de extremo, lateral, central y pivot, sin embargo, el portero mexicano presento 5% menos de tejido muscular. Otros estudios como el de Ramos et al, (2014), muestran, el % masa adiposa por el método de dos componentes mediante el Inbody 720 y el software Lookin'Body 3.0, obtuvieron valores para los laterales es de  $11.27 \pm 3.39$  %, para los extremos y el central de  $13.24 \pm 3.69$  %, para el pivot  $12.93 \pm 7.45$  % y para el portero  $18.67 \pm 2.57$  %, pudiendo apreciar es que en este estudio los laterales obtuvieron menor % de tejido adiposo y en nuestro estudio fueron los porteros y pivot, por otro lado, el mayor porcentaje adiposo en el estudio de Ramos et al, (2014) es para portero coincidiendo con nuestro estudio. Por otra parte el estudio de Hasan et al, (2007) estima en la posición del extremo un valor de masa adiposa de  $10.4 \pm 2.6$  %, para el central un  $10.8 \pm 3.3$  % y para el portero un  $10.5 \pm 3.3$  % en este caso el central tiene un % adiposo ligeramente mayor y los extremos un porcentaje menor.

Por otro lado, los mayores porcentajes para la masa ósea son para los centrales donde se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con los pivot, y los laterales obtuvieron la menos % de masa ósea. De acuerdo al estudio de Ilić et al, (2011) en jugadores serbios se estimó un porcentaje óseo con Tanita TBF-531 de  $16.20 \pm 0.40$  % para los porteros,  $17.27 \pm 0.89$  % para los extremos, de  $16.60 \pm 0.93$  % para los centrales y los laterales, y de  $16.45 \pm 1.50$  % para los pivot, apreciando que los extremos presentan mayor porcentaje óseo, coincidiendo con los resultados de nuestros jugadores donde los extremos junto a los centrales presentaron mayor % de masa ósea, pero con valores muy por debajo a comparación de los jugadores serbios. Respecto al somatotipo los laterales y los pivot de este estudio se caracterizaron por obtener mayor mesomorfia, pero obtuvieron un biotipo de meso-endomorfia, igual que los porteros y extremos, y los centrales obtuvieron un biotipo de meso-ectomorfo, a diferencia de lo encontrado en los jugadores mexicanos los jugadores españoles como en los portugueses evaluados en el campeonato europeo de balonmano del 2010 (Urban et al., 2010) predomina el somatotipo ectomesomorfo y el mesomorfo balanceado lo que nos indica que los jugadores mexicanos en comparación con el resto de jugadores analizados presentan unos mayores valores para la adiposidad relativa, por lo que el biotipo sugerido para cada posición de juego se orienta a presentar un mayor desarrollo músculo-esquelético; mayor volumen muscular y huesos y articulaciones de mayores dimensiones. Aunque actualmente existen muy pocas investigaciones semejantes a este tipo de estudio en México, nos puede arrojar un perfil y un estado nutricional del jugador de balonmano en nuestro país, ya que las características antropométricas parece que son esenciales para poder jugar en esta disciplina, por ser un deporte caracterizado por la fuerza y rudeza con la que se desarrolla en las diferentes posiciones de juego, que pueden diferir entre sí en varias mediciones donde pueden influenciar la capacidad del rendimiento físico.

## Referencias

- Carter, J. L., & Heath, B. H. (1990). *Somatotyping: development and applications* (Vol. 5). Cambridge University Press.
- Carter, J. E. L. (2002). Part 1: The Heath-Carter Anthropometric Somatotype-Instruction Manual. From [hthth/cmvwsomatotypeorg/Heath-CarterManual.pdf](http://hthth/cmvwsomatotypeorg/Heath-CarterManual.pdf) [Retrieved 31 January 2013].
- Cavala, M., Rogulj, N., Srhoj, L., & Katic, R. (2008). Biomotor structures in elite female handball players according to performance. *Collegium Antropologicum*, 32, 231–239
- Duquet, W. & Carter, J.E.L. (2001) *Somatotyping*. In: R. Eston and T. Reilly (Eds.), *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual: Tests, procedures and data*. 2<sup>nd</sup> Ed. (Chapt. 2. pp. 47-64)
- Ghobadi, H., Rajabi, H., Farzad, B., & Jeffreys, I. (2013). Anthropometry of world-class elite handball players according to the playing position: reports from men's handball world championship 2013. *Journal of human kinetics*, 213-220.
- Hasan, A. A. A., Rahaman, J. A., Cable, N. T., & Reilly, T. (2007). Anthropometric profile of elite male handball players in Asia. *Biology of sport*, 24(1), 3.
- Ilić, V., Macura, M., & Ranisavljev, I. (2011). Profile of young elite handball players according to playing positions. Original scientific paper UDC:796.322.085, 71-77.
- Kerr, D. A. (1988). An anthropometric method for the fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years. Unpublished Masters Thesis. Simon Fraser University, BC, Canada.

- Lentini, N., Gris, G., Cardey, M., Aquilino, G., & Dolce, P. (2004). Estudio somatotípico en deportistas de alto rendimiento de Argentina. *Arch. med. deporte*, 497-509.
- Massuça, L., & Fragoso, I. (2013). A multidisciplinary approach of success in team-handball. *Apunts Med Esport*; 48(180), 143-151.
- Massuça, L., & Fragoso, I. (2015). Morphological Characteristics of Adult Male Handball Players Considering Five Levels of Performance and Playing Position. *Collegium Antropologicum*, 39(1).
- Norton, K. y. (2001). Morphological evaluation of athletes over the 20th. *Sports Med* , 763-783.
- Ramos-Campo, D. J., Martínez Sánchez, F., Esteban García, P., Rubio Arias, J. Á., Bores Cerezal, A., Clemente-Suarez, V. J., & Jiménez Díaz, J. F. (2014). Características
- Rogulj, N., Srhoj, V., Nazor, M., Srhoj, L., & Cavala, M. (2005). Some anthropologic characteristics of elite female handball players at different playing positions. *Collegium Antropologicum*, 29, 705–709.
- Ružbarský, P. & Smerecká, V. (2012) Možnosti hodnotenia účinnosti tréningového zaťaženia v plávaní. *Plávanie 2012*. Banská Bystrica: Vydavateľstvo Partner.
- Ružbarský, P., Smerecká, V. & Petrovič, J. (2012) Diagnostika tréningosti juniorských reprezentantiek v plávaní. *Acta Facultatis Exercitationis corporis universitatis Presoviensis*. Prešov: FŠ PU, Prešov
- Šibila, M. & Pori, P. (2009) Position-Related Differences in Selected Morphological Body Characteristics of Top-Level Handball Players. *Coll Antropol.* 33 (4). p. 1079- 1086.
- Smith, H. K. (1998). Applied physiology of water polo. *Sports Med* , 317-334.
- Sporiš, G., Vuleta, D., Vuleta Jr, D., & Milanović, D. (2010). Fitness profiling in handball: physical and physiological characteristics of elite players. *Collegium antropologicum*
- Srhoj, V., Marinović, M. & Rogulj, N. (2002) Position Specific Morphological Characteristics of Top-Level Male Handball Players. *Coll Antropol.* 26 (1). p. 219- 227.
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., & Olds, T. (2011). *Ridder Hd. International standards for anthropometric assessment*. Lower Hutt: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Urban, F., Kandrác, R., Táborský, F. 2010. Anthropometric Profiles and Somatotype of National Teams at the 2010 Men's 20 European Handball Championship. In *EHF Web Periodical*
- Urban, F., & Kandrác, R. (2013). The effect of developmental trends on somatotype components in elite male handball players. *Scientific Review of Physical Culture* vol. 3 no.4, 132-136.
- World Health Organization. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic (No. 894). World Health Organization.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2009). Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players. *Sports Medicine*, 39, 547–568.

## Desarrollo de un bocadillo bajo en calorías a partir de soya (*Glycine max*)

REYES-TELLEZ, Carolina\*†, PÉREZ-FERNÁNDEZ, María Susana, VERA-LÓPEZ, Obdulia y NAVARRO-CRUZ, Addí Rhode

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Recibido Enero 18, 2016; Aceptado Mayo 24, 2016

### Resumen

La obesidad y sus comorbilidades son un problema mundial, y los enfoques para la reducción de la obesidad y sus trastornos metabólicos asociados normalmente enfatizan la restricción de grasas y energía. Las dietas enfocadas en modificar sustancialmente la distribución de macronutrientes en lugar de restringir la energía son alternativas prometedoras, y se ha sugerido que el diseño de productos alimenticios de consumo habitual con propiedades saciantes mejoradas podría ser un enfoque útil para ayudar a las personas a manejar su apetito y la ingesta de alimentos en el corto plazo, por lo que el objetivo de este trabajo fue desarrollar un bocadillo a base de soya (*Glycine max*), alto en proteínas y con baja densidad energética. El bocadillo obtenido finalmente tiene una presentación tipo "tamal", con una aceptación sensorial buena (4.38 en una escala hedónica de 5 puntos) y el aporte energético por porción de 50 gramos es de aproximadamente 90 Kcal con 7.92 gramos de proteína y 6.25 gramos de fibra dietética, por lo que se concluye que el bocadillo desarrollado puede ser una buena opción de consumo entre comidas.

**Sociedad, saciación, obesidad, soya, bocadillo**

### Abstract

Obesity and its comorbidities are a global problem, and approaches to reducing obesity and metabolic disorders associated usually to emphasize the restriction of fat and energy. Diets that focus on substantially change the distribution of macronutrients rather than restricting energy are promising alternatives, and it has been suggested that commonly consumed food designed with improved satiating properties could be a useful approach to help people to manage their appetite and food intake in short term, so the aim of this work was to develop a soy (*Glycine max*) low-calorie snack, high in protein and low energy density. The snack obtained has a "tamal" presentation, with good sensory acceptance (4.38 on a hedonic scale of 5 points) and energy intake per serving of 50 grams is about 90 Kcal with 7.92 grams of protein and 6.25 grams of dietary fiber, so it is concluded that the developed snack can be a good option for consumption between meals.

**Society; satiation, obesity, soy, snack**

**Citación:** REYES-TELLEZ, Carolina, PÉREZ-FERNÁNDEZ, María Susana, VERA-LÓPEZ, Obdulia y NAVARRO-CRUZ, Addí Rhode. Desarrollo de un bocadillo bajo en calorías a partir de soya (*Glycine max*). Revista de Ciencias de la Salud. 2016. 3-7: 13-20.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: kro\_wahine12@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

“Globesity” es el término que la Organización Mundial de la Salud (OMS) emplea para denominar el progresivo aumento de la obesidad experimentado desde los últimos 40 años en los países desarrollados y que inevitablemente sufren también los países en vías de desarrollo, y es el principal problema de salud en todo el mundo (Eckel, Grundy y Zimmet, 2005, Claesson y col., 2009, Islas-Rubio y col., 2014, Alcalá-Bejarano, 2015), afectando incluso ya a la población infantil (O’Neil, Fulgoni y Nicklas, 2011).

Los bocadillos se han convertido en parte de la comida principal, así como una forma de nutrirse entre comidas (Rababah y col., 2012), y se ha postulado que muchos de los alimentos que se consumen entre las comidas (bocadillos o bocadillos) como galletas, dulces de pastelería, croissants, hojaldres, helados, frituras o chocolate por sus elevados contenidos de grasas y azúcares, podrían estar condicionando a la larga aumentos considerables en el peso corporal (Gatenby, 1997, Forslund y col., 2005, Reyna y col., 2015, Park y col., 2016), por lo que Merchant y col. (2007) han sugerido que la disminución del consumo de hidratos de carbono de, por ejemplo refrescos, jugos y bocadillos podrían conducir a elevación del HDL y disminución de los triglicéridos, lo cual debería mejorar el perfil de riesgo cardiovascular. La saciedad y la saciación son dos conceptos que de alguna manera se relacionan íntimamente con el control del peso corporal, ya que mientras la saciedad regula la ingesta de alimentos entre comidas, la saciación se refiere al momento en que –dentro del transcurso de una comida– sentimos que debemos dejar de comer (Hull y col., 2014), y se ha sugerido que el diseño de productos alimenticios de consumo habitual con propiedades saciantes mejoradas podría ser un enfoque útil para ayudar a las personas a manejar su apetito y la ingesta de alimentos en el corto plazo (Almiron-Roig, 2009, Halford y Harrold, 2012).

Buscando alternativas o salidas a este problema global, se ha podido demostrar que cuando se combinaba una baja densidad de energía con un alto contenido de proteínas en la comida, se mejora el control del apetito y la saciedad en comparación con ingestas normales de proteína (Pal y Ellis, 2010). Hay un enorme mercado para los bocadillos procesados en todo el mundo y grandes empresas compiten con rigor para capturar una mayor proporción del mercado de comida rápida, las categorías de aperitivo que muestran el mayor crecimiento son las que ofrecen una amplia gama de alternativas de productos y las que se ajustan a las tendencias actuales de conveniencia, sensoriales y de salud. La sustitución de bocadillos de alto contenido energético, ha demostrado ser una estrategia efectiva de control de peso en los estudios clínicos a corto plazo y podría ser más beneficioso enseñar a los niños a consumir alimentos densos en nutrientes y saludables cuando se siente ansiedad por comer que aperitivos o bocadillos sin más aporte que grasas y azúcares (Folkvord y col., 2016).

En relación con la salud, el interés en bocadillos orgánicos o totalmente naturales, bajos en calorías, bajos en grasas, bajos en carbohidratos, bajos en sodio, ricos en fibra y vitaminas, o que ofrecen algún beneficio de promoción de la salud, están en gran demanda. Sin embargo, los consumidores aún conscientes de la salud no están dispuestos a sacrificar las propiedades organolépticas (Dueik y Bouchon, 2011, Brennan y col., 2013). En consecuencia, hay una gran demanda por productos alimenticios tipo bocadillos nuevos y nutritivos, pero sensorialmente agradables y son el foco de los esfuerzos de investigación y desarrollo de la industria (Cho y Rizvi, 2010, Kreger y col., 2012, Devi y col., 2013). Con base en lo anterior, el desarrollo de productos alimenticios funcionales que mejoren la saciedad, suprimiendo el apetito y reduzcan la ingesta posterior de alimentos, podría ser el camino en el control del peso corporal y es conocido que existen una serie de alimentos y componentes de los alimentos que pueden producir cambios a corto plazo en la saciedad (Almiron-Roig, 2009).

Por lo que el objetivo de este trabajo fue desarrollar un bocadillo base de soya (*Glycine max*), alto en proteínas y con baja densidad energética, ya que además de que ha habido un reciente aumento de interés en los potenciales beneficios para la salud de la adición de alimentos de soya a la dieta (Badger y col., 2002, Messina y col., 2004, Villegas y col., 2008, Nanri y col., 2010), como por ejemplo la mejora del perfil lipídico y el control glicémico en mujeres posmenopáusicas con síndrome metabólico (Azadbakht y col., 2007).

## Materiales y métodos

### Materias Primas.

Para la elaboración de la golosina se probó el comportamiento de la soya texturizada y de la harina de soya, por trabajos anteriores utilizando transglutaminasa sobre pastas de soya (Solís y col., 2015, González y col., 2015), se decidió utilizar enzima transglutaminasa (TG Activa Ajinomoto®), sucralosa como endulzante, azúcar de mesa, chile en polvo, saborizantes artificiales y naturales de nuez, piñón y piña, y colorantes artificiales de uso alimentario.

### Formulación.

Se optó por una formulación de bocadillo dulce, por lo que modificando algunas técnicas se intentó desarrollar masas saborizadas tipo dulces típicos mexicanos (macarrones, cocadas, etc.), y se probaron diferentes métodos de cocción y/o elaboración: fritura, horneado, deshidratado, cocimiento en baño maría y al vapor. Se probaron concentraciones de enzima del 1 a 7% (p/p).

Después de la determinación del porcentaje de transglutaminasa se comenzó a probar la formulación, pero con diferentes saborizantes como cereza, piña, piñón y diferentes niveles de adición de sucralosa, modificando además la forma de presentación de la golosina.

### Análisis sensorial y químico proximal.

Una vez obtenida la formulación de mayor aceptación sensorial de acuerdo con los panelistas (escala hedónica de cinco puntos con jueces no entrenados) se realizó el análisis químico proximal: proteína por el método de Kjeldahl (AOAC 1990), grasa por el método Soxhlet (AOAC 1995), humedad NOM-F83-1986-2/3, cenizas (NOM-F66-S-1978), así como la determinación de fibra dietética.

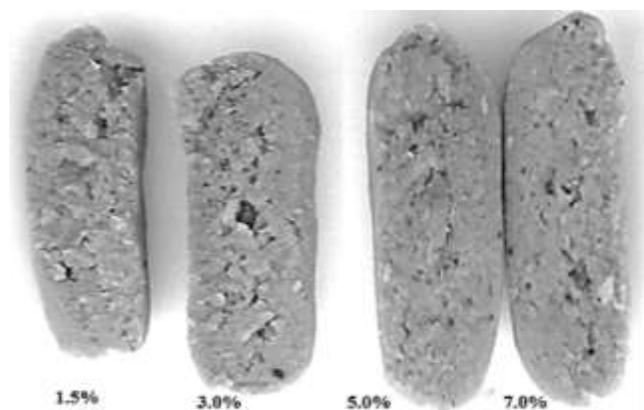
## Resultados y discusión

La proteína de soya, debido a su buen valor nutritivo y propiedades funcionales, ha sido ampliamente utilizada en la industria alimentaria como uno de los ingredientes proteicos. Además, las propiedades funcionales de proteínas de los alimentos se pueden mejorar por medios físicos, químicos y tratamientos enzimáticos.

La aplicación de tratamientos térmicos es el método más antiguo para mejorar la agregación de proteínas. Sin embargo, es bien conocido que a altas temperaturas puede desarrollarse reacción de Maillard y aunque esta reacción modifica propiedades de la proteína como la solubilidad, y la capacidad de emulsificación, también provoca la glicosilación de proteínas, provocando pardeamiento no deseado y la formación de compuestos tóxicos potenciales (Zhang y col., 2009).

La transglutaminasa es capaz de catalizar la glicosilación de las proteínas sin reducir su valor nutricional debido a que las condiciones requeridas para su acción son mucho más suaves, pero modificando las propiedades de las proteínas (Zhu y col., 2015), razón por la cual se utilizó dicha enzima para mejorar la cohesión y textura de la masa sin tener que añadir harinas de cereales o grasa para mejorar la textura.

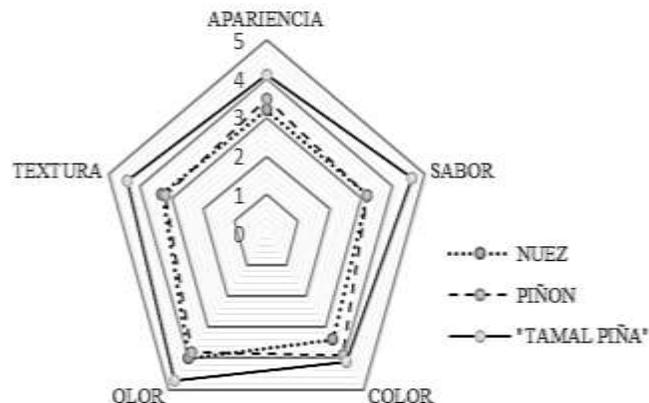
Una vez comprobado que la enzima transglutaminasa sí presentaba un efecto sobre la textura, se determinó que el porcentaje adecuado que debía agregarse a la formulación era del 5%, ya que las texturas obtenidas con 5 y 7% eran las más homogéneas y suaves (figura 1).



**Figura 1** Textura de las masas con diferentes niveles de adición de Transglutaminasa

De las pruebas realizadas con diferentes métodos de cocción, se descartaron la fritura porque la apariencia del producto final era demasiado irregular y el objetivo de desarrollar el bocadillo era que aportara un bajo contenido energético por porción, con el horneado se formaban una cubierta dura y chiclosa sobre la superficie del bocadillo lo que hacía sumamente difícil su masticación y considerando que la masa obtenida era similar en consistencia a la masa para elaborar tamales, se decidió emplear el método de cocción en vaporera que permitía la obtención de un producto con una textura lisa y homogénea, muy similar a la de los tamales.

Se realizaron pruebas preliminares para definir el sabor del bocadillo y se seleccionaron los sabores de nuez, piñón y piña, y de acuerdo con los resultados de la evaluación sensorial, se seleccionó el sabor piña como el de mayor aceptación (Gráfico 2).



**Gráfico 1** Aceptación sensorial de los diferentes aperitivos formulados

Finalmente, y debido a que la consistencia del bocadillo una vez cocido a pesar de ser lisa y homogénea era muy seca y con la intención de no tener que añadir grasa para hacerlo más suave, se optó por rellenar la golosina con una jalea de fruta natural sin azúcar, endulzada con sucralosa y con un toque de chile para realzar el sabor, el producto final tenía un peso de 20 gramos de masa a base de soya y 5 gramos de relleno de jalea (figura 2).



**Figura 2** Presentación final del aperitivo "tamal" relleno de piña con chile

Posteriormente se procedió a realizar el análisis proximal y de fibra dietética, los resultados se muestran en la tabla 1.

Kcal	180
Materia seca	46.36
Humedad	53.64
Proteína cruda (NX6.25)	15.84
Extracto etéreo	1.19
Cenizas	2.24
Fibra cruda	0.58
Extracto Libre de Nitrógeno	26.50
Fibra dietética	12.48*

**Tabla 1** Análisis químico inmediato del bocadillo desarrollado (%)

Los resultados se expresan en base húmeda

\*Resultado expresado en base seca

De acuerdo con estos resultados, se puede apreciar que el bocadillo desarrollado presenta un buen aporte de nutrientes, aunque es difícil establecer comparación con bocadillos disponibles en el mercado ya que los hay en una gran variedad de presentaciones, pero si por ejemplo se compara con un aperitivo tipo fritura de maíz o trigo, éstos aportan en promedio por porción de 30 gramos aproximadamente entre 160 y 180 Kcal, con 1-2 gramos de proteína y 1.4-1.6 gramos de fibra, de donde se puede deducir que la mayor parte de la energía está aportada por carbohidratos y lípidos, en comparación con el producto desarrollado que ofrece 90 Kcal por porción de 50 gramos y hasta siete veces más cantidad de proteína, lo cual de acuerdo a diversos autores podría estar favoreciendo el efecto saciante (Almiron-Roig, 2009, Pal y Ellis, 2010, Halford y Harrold, 2012).

Considerando que el bocadillo desarrollado tiene una apariencia similar a la de un tamal, comparando con el aporte de un tamal de dulce promedio, cuyo peso podría estar entre 100 y 300 gramos, se observa que a pesos iguales (50 gramos, es decir, 2 piezas del bocadillo de soya contra medio tamal de 100 gramos), el tamal contiene alrededor de: 170 a 200 Kilocalorías dependiendo de sus ingredientes, 7 gramos de proteína, 26 gramos de carbohidratos y 6-9 gramos de grasa, sin mencionar el colesterol aportado por la manteca de cerdo que es uno de los ingredientes principales.

Recordar además que diversos estudios indican una relación de los macronutrientes, sobre los efectos de saciedad de los alimentos, que para el consumo de grasa tiene el efecto de saciedad más bajo y para las proteínas mayor (Douglas y col., 2013, Ortinau y col., 2013), de acuerdo con estos datos, el bocadillo tipo tamal de soya tendría un efecto saciante mayor que un tamal de dulce normal.

Independientemente de las comparaciones, el bocadillo tipo tamal de soya presenta un buen aporte de proteína y fibra, lo que de acuerdo con Morenga y colaboradores (2010), puede mejorar la composición corporal y los factores de riesgo metabólico.

## Conclusiones

La nutrición, la conveniencia, precio y atributos sensoriales son características importantes para determinar la aceptabilidad de un producto alimenticio. De acuerdo con Roberfroid (1999), uno de los principales retos es proporcionar a los consumidores ocupados con alimentos sanos listos para el consumo. Los productos de soya y productos con soya añadida son muy demandados debido a los supuestos beneficios de salud del consumo de soya (Lobato y col., 2012), y el bocadillo desarrollado presentó una buena aceptación sensorial y en su composición destacan sus aportes de proteína y fibra dietética.

Sin embargo, a pesar de que el bocadillo tenga baja densidad energética y sea alto en proteínas, deberá tenerse cuidado porque se ha sugerido que los refrigerios en un estado no-hambre, independientemente de la composición de los aperitivos o bocadillos (Marmonier y col., 2002), tiene poca eficiencia de saciedad y puede inducir sobrepeso (Francis, Lee y Birch, 2003).

## Referencias

- Alcalá-Bejarano, J., Yago, M.D., Mañas, M., López, M.B. Martínez, M.A. & Martínez de Victoria, E. (2015). Macronutrientes, ingesta de alimentos y peso corporal; papel de la grasa. *Nutr Hosp*, 31(1), 46–54.
- Almiron-Roig, E., Grathwohl, D., Green, H., & Erkner, A. (2009). Impact of some isoenergetic snacks on satiety and next meal intake in healthy adults. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 22(5), 469–474.
- Azadbakht, L., Kimiagar, M., Mehrabi, Y., Esmailzadeh, A., Padyab, M., Hu, F.B. & Willet, W.C. (2007). Soy inclusion in the diet improves features of the metabolic syndrome: a randomized crossover study in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr*, 85:735–741.
- Badger, T.M., Ronis, M.J., Hakkak, R., (2002). The health consequences of early soy consumption. *J Nutr*, 132:559S–565S.
- Brennan, M. A., Derbyshire, E., Tiwari, B. K., & Brennan, C. S. (2013). Integration of  $\beta$ -Glucan Fibre Rich Fractions from Barley and Mushrooms to Form Healthy Extruded Snacks. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68(1), 78–82.
- Cho, K. Y., & Rizvi, S. S. H. (2010). New generation of healthy snack food by supercritical fluid extrusion. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(2), 192–218.
- Claesson, A., Holm, G., Ernerson, A., Lindström, T., & Nystrom, F. H. (2009). Two weeks of overfeeding with candy, but not peanuts, increases insulin levels and body weight. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 69(5), 598–605.
- Devi, N. L., Shobha, S., Tang, X., Shaur, S. A., Dogan, H., & Alavi, S. (2013). Development of protein-rich sorghum-based expanded snacks using extrusion technology. *International Journal of Food Properties*, 16(2), 263–276.
- Douglas, S.M., Ortinau, L.C., Hoertel, H.A. & Leidy, H.J. (2013). Low, moderate, or high protein yogurt snacks on appetite control and subsequent eating in healthy women. *Appetite*, 60: 117-122.
- Dueik, V., & Bouchon, P. (2011). Development of Healthy Low-Fat Snacks: Understanding the mechanisms of quality changes during atmospheric and vacuum frying. *Food Reviews International*, 27(4), 408–432.
- Eckel, R.H., Grundy, S.M., Zimmet, P.Z. (2005). The metabolic syndrome. *The Lancet*, 365:1415–28.
- Folkvord, F., Anschutz, D. J., & Buijzen, M. (2016). The association between BMI development among young children and (un) healthy food choices in response to food advertisements: a longitudinal study, 1–8.
- Forslund, H.B., Torgerson, J.S., Sjöström, L., Lindroos, A.K. (2005). Snacking frequency in relation to energy intake and food choices in obese men and women compared to a reference population. *Int J Obes*, 29(6):711–719.
- Francis, L.A., Lee, Y., Birch, L.L. (2003). Parental weight status and girls' television viewing, snacking, and body mass indexes. *Obes Res*, 11:143–51.
- Gatenby, S.J. (1997). Eating frequency: methodological and dietary aspects, *Br. J. Nutr.*, 77 (Suppl. 1) S7–20.

González Lozano, E., Navarro Cruz, A.R., Vera López, O. & Pérez Fernández, M.S. (2015). Galletas sin harina a partir de soya (*Glycine max*). Memorias del Congreso Internacional de Investigación en Tecnologías Estratégicas, Colima, México. Academia Journals, pp.571-574.

Halford, J.C., Harrold, J.A. (2012). Satiety-enhancing products for appetite control: science and regulation of functional foods for weight management. *Proc Nutr Soc* 71(2):350.

Hull, S., Re, R., Chambers, L., Echaniz, A., & Wickham, M. S. J. (2014). A mid-morning snack of almonds generates satiety and appropriate adjustment of subsequent food intake in healthy women. *European Journal of Nutrition*, 803–810.

Islas-Rubio, A. R., de la Barca, A. M. C., Molina-Jacott, L. E., del Carmen Granados-Nevárez, M., & Vasquez-Lara, F. (2014). Development and Evaluation of a Nutritionally Enhanced Multigrain Tortilla Snack. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(2), 128–133.

Kreger, J. W., Lee, Y., & Lee, S. Y. (2012). Perceptual Changes and Drivers of Liking in High Protein Extruded Snacks. *Journal of Food Science*, 77(4), 161–170.

Krieger, J.W., Sitren, H.S., Daniels, M.J. & Langkamp-Henken, B. (2006). Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a meta-regression. *Am J Clin Nutr*, 83 (2): 260-274.

Lobato, L. P., Iakmiu Camargo Pereira, A. E., Lazaretti, M. M., Barbosa, D. S., Carreira, C. M., Mandarino, J. M. G., & Grossmann, M. V. E. (2012). Snack bars with high soy protein and isoflavone content for use in diets to control dyslipidaemia. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(1), 49–58.

Marmonier, C., Chapelot, D., Fantino, M., Louis-Sylvestre, J. (2002). Snacks consumed in a nonhungry state have poor satiating efficiency: influence of snack composition on substrate utilization and hunger. *Am J Clin Nutr*, 76:518–28.

Merchant, A.T., Anand, S.S., Kelemen, L.E., Vuksan, V., Jacobs, R., Davis, B., Teo, K. & Yusuf, S. (2007). Carbohydrate intake and HDL in a multiethnic population. *Am J Clin Nutr*, 85:225–30.

Messina, M., Erdman, J. Jr., Setchell, K.D. (2004). Introduction to and perspectives from the Fifth International Symposium on the Role of Soy in Preventing and Treating Chronic Disease. *J Nutr*, 134: 1205S–1206S.

Morenga, L.T., Williams, S., Brown, R. & Mann J. (2010). Effect of a relatively high-protein, high-fiber diet on body composition and metabolic risk factors in overweight women. *Eur J Clin Nutr.*, 64(11):1323-1331.

Nanri, A., Mizoue, T., Takahashi, Y., Kirii, K., Inoue, M., Noda, M. & Tsugane, T. (2010). Soy product and isoflavone intakes are associated with a lower risk of type 2 diabetes in overweight Japanese women. *J Nutr*, 140:580–586

O’Neil, C. E., Fulgoni, V. L., & Nicklas, T. A. (2011). Association of candy consumption with body weight measures, other health risk factors for cardiovascular disease, and diet quality in US children and adolescents: NHANES 1999-2004. *Food & Nutrition Research*, 55, 1–12.

Ortinau, L.C., Culp, J.M., Hoertel, H.A., Douglas, S.M. & Leidy, H.J. (2013). The effects of increased dietary protein yogurt snack in the afternoon on appetite control and eating initiation in healthy women. *Nutr J.*, 12: 71.

Pal, S., Ellis, V. (2010). The acute effects of four protein meals on insulin, glucose, appetite and energy intake in lean men. *Br J Nutr*, 104: 1241-1248.

REYES-TELLEZ, Carolina, PÉREZ-FERNÁNDEZ, María Susana, VERA-LÓPEZ, Obdulia y NAVARRO-CRUZ, Addí Rhode. Desarrollo de un bocadillo bajo en calorías a partir de soya (*Glycine max*). Revista de Ciencias de la Salud. 2016

Park, E., Edirisinghe, I., Inui, T., Kergoat, S., Kelley, M., & Burton-Freeman, B. (2016). Short-term effects of chewing gum on satiety and afternoon snack intake in healthy weight and obese women. *Physiology and Behavior*, 159, 64–71.

Rababah, T. M., Brewer, S., Yang, W., Al-mahasneh, M., Datt, M. A., Rababa, S., & Ereifej, K. (2012). Physicochemical properties of fortified corn chips with broad bean flour, chickpea flour or isolated soy protein. *Journal of Food Quality*, 35:200–206.

Reyna, N., Moreno-Rojas, R., Mendoza, L., Urdaneta, A., Artigas, C., Reyna, E., & Martos, C. (2015). La merienda con elevada proteína de lactosuero mejora el nivel de saciedad y disminuye el apetito en mujeres sanas, 32(4), 1624–1628.

Roberfroid MB. (1999). Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. *J Nutr*, 129:1398s–1401s.

Solís Rodríguez, A.E., Navarro Cruz, A.R., Avila Sosa, R. & Ochoa Velasco, C.E. (2015). Desarrollo de una botana tipo chicharrón a partir de soya (*Glycine max*). Memorias del Congreso Internacional de Investigación en Tecnologías Estratégicas, Colima, México. Academia Journals, pp. 1464-1467.

Villegas, R., Gao, Y.T., Yang, G., Li, H.L., Elasy, T.A., Zheng, W. & Shu, X.O. (2008). Legume and soy food intake and the incidence of type 2 diabetes in the Shanghai women's health study. *Am J Clin Nutr*, 87: 162–167.

Zhang, Q. B., Ames, J. M., Smith, R. D., Baynes, J. W., & Metz, T. O. (2009). A perspective on the Maillard reaction and the analysis of protein glycation by mass spectrometry: Probing the pathogenesis of chronic disease. *Journal of Proteome Research*, 8, 754–769.

Zhu, C. Y., Liu, H. F., Fu, M., & Zhao, X. H. (2015). Structure and property changes of soybean protein isolates resulted from the glycation and cross-linking by transglutaminase and a degraded chitosan. *CyTA - Journal of Food*, 633: 1–7.

## Diseño de una planta a nivel piloto para la obtención de perlas deshidratadas elaboradas a base de un hidrogel de quitosano (patente en trámite)

CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe†, SOTO-ALCOCER, José Luis, GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio y CASTRO-URBINA, David

*Instituto Tecnológico Superior de Irapuato*

Recibido Enero 12, 2016; Aceptado Junio 27, 2016

### Resumen

Los procesos de la industria de curtido en la ciudad de León Gto, generan desechos altamente contaminantes (Cr+6) que son vertidos hacia los cuerpos de agua sin un tratamiento eficaz, originando un impacto en el ecosistema acuático y por ende en la salud de la población. Sin embargo, se han propuesto alternativas tecnológicas para el tratamiento del agua contaminada con Cr+6. Entre ellas están el uso de humedales artificiales, tratamientos químicos, y técnicas de adsorción empleando biopolímeros. Esta última técnica ha demostrado ser amigable con el ambiente, sustentable y eficaz. En un trabajo previo se obtuvieron perlas deshidratadas a base de quitosano a nivel laboratorio y se demostró que su obtención depende en gran medida de las características de la materia prima, las concentraciones de los reactivos en las distintas etapas y finalmente, del secado. La presente propuesta de investigación está orientada a sentar las bases para el diseño in silico de una planta piloto con la capacidad de procesar 10 kg de exoesqueleto de camarón por lote y satisfacer así, parcialmente, la demanda a futuro de la industria curtidora.

### Pilot Plant, Chitosano, Aguas Residuales

### Abstract

The processes of the tanning industry in the city of Leon Guanajuato, generate highly polluting waste (Cr+6) are discharged into water bodies without effective treatment, having an impact on the aquatic ecosystem and hence on the health of the population. However, alternative technologies have been proposed for the treatment of water contaminated with Cr+6. These include the use of artificial wetlands, chemical treatments, and adsorption techniques using biopolymers. The latter technique has proven to be environmentally friendly, sustainable and effective. In previous work dehydrated beads were obtained based on chitosan at laboratory level and showed to obtain it, strongly depends on the characteristics of the raw materials, the concentrations of the reagents in the different stages and finally drying. This research proposal is aimed at laying the groundwork for the in silico design of a pilot plant with capacity to process 10 kg of exoskeleton of shrimp per batch and satisfy future demand from tanning industry.

### Planta Piloto, Chitosan, Waste Water

**Citación:** CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe, SOTO-ALCOCER, José Luis, GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio y CASTRO-URBINA, David. Diseño de una planta a nivel piloto para la obtención de perlas deshidratadas elaboradas a base de un hidrogel de quitosano (patente en trámite). Revista de Ciencias de la Salud. 2016. 3-7: 21-30.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad existen alternativas tecnológicas para el tratamiento de agua contaminada con metales pesados como lo es el quitosano, polisacárido que se obtiene a partir del proceso de desacetilación de la quitina. La quitina es un polisacárido presente ampliamente en la naturaleza, es el segundo biopolímero más abundante después de la celulosa, fue aislado por primera vez en 1811 por Frenchman Braconnot y se considera uno de los biopolímeros llamados a reemplazar a los materiales plásticos usados por excelencia (Mármol et al., 2011).

La quitina es un biopolímero con estructura lineal de alto peso molecular constituida por unidades N-acetil-D glucosamina unidas por enlaces beta-D. Compuesta por unidades de 2-acetamida-2-deoxi- $\beta$ -D-glucopiranosas unidas a través de enlaces  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) (Rinaudo, 2006). Es altamente insoluble en agua, propiedad que limita sus aplicaciones; se disuelve rápidamente en ácidos concentrados y en algunos fluoroalcoholes (Mármol et al., 2011).

La quitina se obtiene principalmente del exoesqueleto de crustáceos industrialmente procesados, tales como langosta, cangrejo y camarón. Aunque también encuentra en las paredes celulares de ciertos hongos como los ascomicetos, zigomicetos, basidiomicetos y deuteromicetos y en algunas algas como las diatomeas (Abraham, 2004).

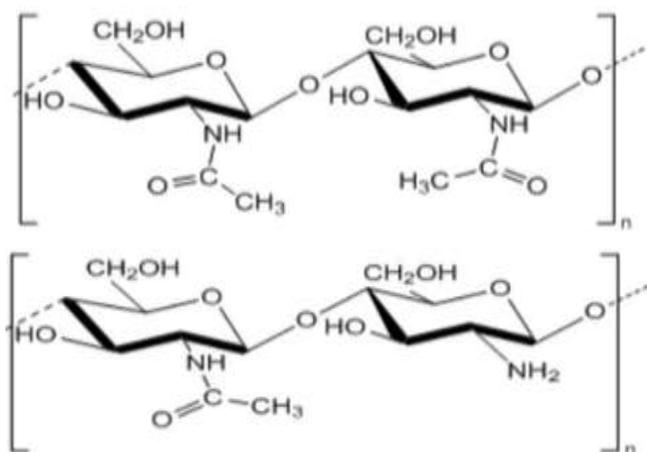
Por su parte, el quitosano es el derivado más importante a nivel industrial de la quitina, éste se puede obtener, mediante un proceso químico sencillo de desacetilación (Abraham, 2004). El descubrimiento del quitosano se le atribuye a Rouget en 1859, quien encontró que calentando la quitina en medio alcalino se volvía soluble en ácidos orgánicos. En 1894 Hoope-Seyler llama a este material quitosano y solo hasta 1950 se logra dilucidar su estructura química (Romero-Peñaloza et al., 2003).

Actualmente la elaboración de perlas de quitosano se lleva a cabo a nivel laboratorio, con un bajo rendimiento de perlas, es por ello que se pretende elaborar un diseño de planta piloto para una mayor producción –a mediano plazo- de dichas perlas. Con la realización de este proyecto se pretende sentar las bases para el diseño *in silico* de una planta piloto con la capacidad de procesar 10kg de caparazón de crustáceos por lote, para la extracción de quitosano y preparación de perlas deshidratadas.

## Marco teórico

### Polímeros Naturales

Los polímeros naturales también llamados biopolímeros son macromoléculas de origen natural caracterizadas por tener estructuras complejas, bajo índice de polidispersidad y fácil degradación. Proviene tanto del reino vegetal y animal: madera, algodón, cuero; así como las proteínas, enzimas, almidón y celulosa (Zuluaga, 1998). La quitina es un polisacárido presente ampliamente en la naturaleza (Mármol et al., 2011), generalmente está distribuida en invertebrados marinos, insectos, hongos y levaduras (Austin, et al., 1981). La quitina es un biopolímero con estructura lineal de alto peso molecular constituida por unidades N-acetil-D glucosamina unidas por enlaces beta-D, compuesta por unidades de 2-acetamida-2-deoxi- $\beta$ -D-glucopiranosas unidas a través de enlaces  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) (Rinaudo, 2006). En la Figura 1 se presentan las similitudes con la celulosa; la diferencia entre sus cadenas radica en el segundo carbono, el cual presenta un grupo acetamida en la quitina y un grupo hidroxilo en la celulosa (Abraham et al., 2004).



**Figura 1** Representación gráfica de la quitina (panel superior) y quitosano (panel inferior)

Aunque la quitina es uno de los polímeros más abundantes, su utilización como material polimérico es limitado debido a su elevada cristalinidad, lo que le confiere baja solubilidad en medios acuosos y solventes orgánicos (Berghoff, 2011). Es altamente insoluble en agua, propiedad que limita sus aplicaciones; se disuelve rápidamente en ácidos concentrados y en algunos fluoroalcoholes (Mármol et al., 2011). Por ello la mayoría de los estudios orientados a su utilización se conducen a lograr modificaciones químicas para obtener derivados con mejores propiedades (Berghoff, 2011) tales como el quitosano.

El quitosano es el derivado más importante de la quitina, está formado por moléculas de N-acetil-glucosamina-co-β-glucosamina y por unidades β-(1→4)-2-desoxi-2-amino-D-glucopiranosas (Pillai et al., 2009). Puede ser obtenido mediante un proceso químico sencillo de desacetilación eliminando los grupos acetilo presentes en la quitina. Figura 3 (Cabarcas et al., 2011). El quitosano posee un comportamiento marcadamente básico, esto se debe al grupo amino libre en su estructura (Figura 1), lo cual además le proporciona ciertas características fisicoquímicas de gran interés industrial (Cabarcas et al., 2011).

Al contrario de la quitina, el quitosano no presenta limitaciones en cuanto a biocompatibilidad, biodegradabilidad y toxicidad, es naturalmente abundante y renovable (Singla y Chawla, 2001). La ventaja del quitosano frente a otros polisacáridos es su estructura química, que permite realizar modificaciones específicas (Cabarcas et al., 2011). Al igual que la quitina, el quitosano no se presenta como una molécula única. Muestra variabilidad en el tamaño de las cadenas y en el grado de desacetilación, lo que influye en sus aplicaciones (Chatelet, et al., 2001). Cabe destacar que grupos específicos pueden ser introducidos en el diseño de polímeros para determinadas aplicaciones, puesto que es un material absorbente de grasas y de metales (Cabarcas et al., 2011).

### Métodos de obtención de quitina y quitosano

Para la obtención de la quitina se lleva a cabo un proceso químico de hidrólisis de proteína y remoción del material inorgánico. En algunos casos se incluyen procesos de oxidación para la despigmentación con el uso de solventes. El proceso de extracción puede iniciarse con la desmineralización o con la desproteización, dependiendo lo que se desee recuperar (Martínez-Camacho, 2009).

La desproteización química se lleva a cabo usando generalmente soluciones de NaOH a temperaturas entre los 65°C y 100°C durante 1 a 24 horas. Las condiciones óptimas dependerán del tipo del crustáceo. Sin embargo cuando el tratamiento se hace por tiempos prolongados y condiciones más severas, suele presentar despolimerización y desacetilación (Berghoff, 2011). Kumari & Rath (2014) llevaron a cabo la obtención de quitina mediante diversos tratamientos ácidos y básicos a diferentes concentraciones, utilizando HCl al 1% a una temperatura ambiente durante 36 horas y NaOH 0.5 N a temperatura ambiente durante 18 horas para la realización de la desmineralización y desproteización respectivamente.

Mientras que Escobar et al., (2013) evaluaron el NaOH grado analítico a diversos porcentajes (3%, 3,5% y 4%) en una relación sólido: líquido 1:10 manteniendo una temperatura de 95°C durante diversos tiempos (1h, 2h, 3h) bajo agitación constante y HCl a concentraciones variables (0,5N, 1N y 2N) tomando en cuenta una relación sólido:líquido 1:5 a temperatura ambiente por tiempos de 1 y 2 horas. Para la obtención del quitosano se lleva a cabo un proceso llamado desacetilación, es decir, hidrolizar los grupos acetamida de la quitina hasta grupos amino, que es el grupo funcional que caracteriza al quitosano, este proceso se puede llevar a cabo mediante métodos químicos (Berghoff, 2011). La desacetilación de la quitina a quitosano se puede lograr mediante dos metodologías diferentes: la desacetilación en fase heterogénea o en fase homogénea. En cualquiera de las dos metodologías, la reacción de desacetilación se lleva a cabo en soluciones concentradas de alcalis (40-50% p/v) de NaOH y en tiempos relativamente largos. Martínez-Camacho (2009), señalan que el proceso de obtención de quitosano comprende dos etapas principales, la primera es la extracción de la quitina de los desechos de crustáceos y la segunda la conversión de ésta en quitosano. Sin embargo el método más comúnmente empleado consiste en la desacetilación heterogénea a temperaturas superiores a los 100°C y tiempos de reacción cortos (Berghoff, 2011). De acuerdo a los experimentos de Sannan sugieren que la desacetilación en fase heterogénea de la quitina, por ser un polímero semicristalino, tiene lugar preferentemente en las regiones amorfas, dejando casi intactas las regiones cristalinas de la quitina nativa (Sashiwa et al., 1990).

### Escalamiento

Proceso donde se desarrollan criterios y reglas de asignación numérica que decretan las unidades de medida para llevar de un tamaño dado a otro tamaño mayor o menor, una operación u objeto (Anaya y Pedroza, 2008).

El término escalar se puede explicar como la manera de diseñar un reactor piloto o industrial capaz de reproducir un proceso a través de una metodología estándar a partir de los resultados obtenidos en un laboratorio (Donati y Paludetto, 1997).

Para elaborar el diseño, es necesario dimensionar el tamaño de los equipos que se van a utilizar en el proceso y se deben tomar en cuenta diversos aspectos (Escorcía et al., 2009).

- La optimización de la cantidad de los reactivos y el porcentaje de recuperación en cada una de las etapas.
- Balance de masa del proceso. Donde el propósito de realizar los balances es para poder determinar el consumo de reactivo en cada una de las etapas para cada tipo de material, el mayor volumen de reactivo que se debe preparar en cada tanque, el tamaño de los tanques que almacenarán los reactivos y el tamaño del equipo donde se llevará a cabo el procesamiento de la materia prima.
- Propuesta técnica de diseño de la planta piloto.
- Análisis económico para el montaje y operación de la planta piloto.

Anaya y Pedroza (2008), señalan que el escalamiento a una planta piloto permite experimentar de manera eficaz el comportamiento de las condiciones de operación, los parámetros de diseño, materiales de construcción, procedimientos operativos y las operaciones ambientales. Esto permite prever errores antes del arranque y durante la operación de la planta.

Por otra parte, la similaridad se refiere a la relación existente entre sistemas físicos y el tamaño de los mismos, siendo éste básico para el escalamiento de procesos químicos y físicos (Anaya y Pedroza, 2008).

La similaridad química está allegada con sistemas que presentan reacciones químicas donde la composición es variable de un punto a otro, ya sea en procesos que presentan intermitencia o que son continuos, en diferentes instantes (Johnstone y Thring, 1997). La composición química de los sistemas mencionados no obligatoriamente deben ser las mismas, basta que exista una relación puntual entre las concentraciones de determinados componentes donde se realice la comparación (Baasel, 1974).

### **Planta piloto**

El concepto planta piloto se refiere a la adaptación de un proceso productivo industrial a una escala intermedia entre laboratorio y una planta de producción a nivel industrial. También podemos definir a una planta piloto como una réplica a menor escala de una planta de procesos industriales, cuya finalidad es permitir la experimentación con el objetivo de obtener información sobre un proceso químico o físico (Cárdenas et al., 2011), así como de la reproducción a escala de procesos productivos donde intervienen fenómenos de interés para la ingeniería química, permitiendo el análisis de las interacciones presentes en operaciones termodinámicas, transferencia de masa y energía y flujo de fluidos (Anaya y Pedroza, 2008).

Las plantas piloto se utilizan para gran variedad de propósitos, esencialmente para obtener información en el diseño, operación del proceso y los productos, incluyendo información relevante sobre la seguridad (Mannan, 2014). De acuerdo a Cárdenas et al., (2011), las plantas piloto también son empleadas con el fin de obtener mejoras sobre un producto, proceso productivo e incluso la obtención de nuevos productos y están destinadas al uso docente en instituciones de educación superior, lo que permite el acercamiento de la universidades a la industria (Mannan, 2014).

## **Materiales y Métodos**

### **Materiales**

Se emplearon exoesqueletos de camarón, los cuales fueron recolectados de marisquerías locales de Irapuato. Fue colectado 0.5 kg de cáscaras de camarón en peso seco, que posteriormente fueron pulverizadas y tamizadas. El polvo fino fue sometido a hidrólisis ácida y alcalina para la obtención de quitosano de acuerdo al protocolo de Escobar et al., (2013).

### **Obtención de perlas a nivel laboratorio**

La obtención de quitina y quitosano, así como la preparación de las perlas a base de hidrogel se esquematiza en la Figura 2.

Las etapas de desproteización y desmineralización concluyen con la obtención de quitina, la cual al desacetilarse rinde quitosano. En la etapa de producción de perlas se realizan mezclas de PEG y quitosano en condiciones que se favorezca el entrecruzamiento entre ambos polímeros, obteniendo de esta manera una matriz semirígida y microporosa.

### **Diseño in silico**

Se usaron los programas SuperPro Designer 8.5 para el equipo propuesto de planta piloto y Power Point para esquemas adicionales.



**Figura 2** Diagrama de flujo del proceso de obtención de perlas a base de quitosano. El lavado, molienda y secado corresponde a la materia prima (cáscaras de camarón)

\* Hace referencia al paso en que se obtiene la quitina.

## Resultados

### Resultados a nivel laboratorio

De acuerdo al protocolo que se llevó a cabo dentro del laboratorio para la producción de quitosano se pudieron obtener los rendimientos de las etapas del proceso y los insumos requeridos de reactivos y agua por lote de producción.

A continuación se muestran los balances de materia efectuados, rendimientos (Tabla 1) e insumos requeridos para la obtención de quitosano a nivel laboratorio (Tablas 2 y 3) y su respectivo escalamiento, para el cual se parte de una base de 10 kg de materia prima (cáscara seca), por lo tanto se multiplica por un factor 133.33 los valores de las tablas 2 y 3 para obtener las cantidades requeridas en la planta piloto.

Etapa	Sólidos (g)	Rendimiento (%)
Lavado+Molienda+Secado	12.56	83,4
Desproteínización	32.08*	40,6
Desmineralización	14.99*	20,6
Desacetilación	11.86	15,8
* Se refiere a proteína		

**Tabla 1** Balances de materia por lote para la extracción de quitosano a nivel laboratorio. El análisis se realizó por triplicado sobre una base de 75 g de exoesqueletos. El escalamiento se realizó sobre una base de 10 kg

Reactivo	Cantidad	Total
(NaOH)	156,27g	156,27g
(HCl)	122,255ml	122,255ml
Agua/ desproteínización	625,39ml	
Agua/ desmineralización	250ml	
Agua/ desacetilación	250ml	
Agua/lavados	4500ml	5625,39 ml

**Tabla 2** Insumos requeridos por lote para la extracción de quitosano a nivel laboratorio. El análisis se realizó por triplicado sobre una base de 75 g de exoesqueletos. El escalamiento se realizó sobre una base de 10 kg

Reactivos	Cantidad	Total
NaOH	12g	12g
Ácido acético	5ml	5ml
PEG 8000	20g	20g
Etanol	100ml	100ml
Glicina	50ml	50ml
Agua destilada /película quitosano	100ml	100ml
Agua destilada/ entrecruzamiento	100ml	300ml
Agua destilada/ perlas	100ml	100ml

**Tabla 3** Insumos requeridos por lote para la producción de perlas deshidratadas de quitosano a nivel laboratorio. El análisis se realizó por triplicado sobre una base de 75 g de exoesqueletos. El escalamiento se realizó sobre una base de 10 kg

### Resultados a nivel piloto

Las variables a considerar en el proceso de obtención de perlas de quitosano para el diseño de la planta piloto se muestran en las Tablas 4, 5 y 6.

Cada tabla contempla por separado las etapas en las que se desglosa el proceso, tales como; desmineralización, desproteínización/desacetilación y obtención de las perlas.

En la tabla 4 puede apreciarse que la etapa más demandante de HCl es la desmineralización, lo cual ocurre en el reactor 1.

Posteriormente se observa la neutralización del ácido con NaOH en el mismo reactor, el cual opera en condiciones estándar. En la etapa de desproteínización se observa un consumo excesivo de NaOH para poder lograr una separación entre la quitina y las proteínas que forman la matriz del duro exoesqueleto.

Corrientes	Composición	Variables involucradas
1	Corriente de alimentación (exoesqueletos de camarón) al refrigerador.	T=4°C
2	Entrada de agua al tanque de lavado.	T= 25°C
3	Entrada de agua al tanque de lavado.	T=25°C
4	Salida de agua con materia orgánica.	
5	Entrada de exoesqueleto al molino de bolas	Tamaño de partícula.
6	Entrada de exoesqueleto triturado al reactor 1.	T=25°C P=1atm t= 1.5h
7	Entrada de HCl al reactor 1.	HCl 4M
8	Entrada de NaOH al reactor 1.	
9	Salida de minerales y residuos líquidos neutralizados.	pH
10	Entrada de exoesqueleto libre de minerales al Secador 1.	T=80°C t=1 h

**Tabla 4** Análisis de corrientes, composición y variables de control implicadas durante la etapa de desmineralización en el proceso de obtención de quitosano

Corrientes	Composición	Variables involucradas
11	Entrada de exoesqueleto libre de minerales al Reactor 2.	T=90°C P=1atm t=1.5h
12	Entrada de NaOH al Reactor 2	NaOH 5%
13	Entrada de NaOH al Reactor 2	NaOH 50%
14	Salida de proteínas.	
15	Entrada de Quitosano al tanque de lavado.	
16	Salida de residuos líquidos neutralizados.	pH
17	Entrada de agua al tanque de lavado.	T=25°C
18	Entrada de Quitosano al Secador 1	T=80°C

**Tabla 5** Análisis de corrientes, composición y variables de control implicadas durante la etapa de desproteínización y desacetilación en el proceso de obtención de quitosano

Por último, la etapa de obtención de la perla involucra la disolución del quitosano en ácido acético al 5% (corriente 20) y la formación del entrecruzamiento de cadenas entre el quitosano y el PEG (corriente 21), formando así un hidrogel que luego es asperjado a alta presión a través de una boquilla sobre una solución de NaOH 3N, para de esta manera lograr la maduración de la perla. Una vez formada la perla, ésta se deshidrata mediante aire caliente y se almacena.

Corrientes	Composición	Variables involucradas
19	Entrada de Quitosano libre de humedad al Reactor 3	T=65°C
20	Entrada de ácido acético al reactor 3.	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>
21	Entrada de película de quitosano a la prensa.	P
22	Entrada de PEG 8000	PEG 20%
23	Entrada de Etanol	
24	Entrada de Glicina	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub> O.1N
25	Salida de residuos de PEG, etanol y glicina	
26	Entrada de hidrogel a boquilla de aspersión.	P
27	Entrada de NaOH a tanque	
28	Entrada de perlas maduras a Secador 2	T=38-42°C
29	Salida del producto a almacenar	T=80°C t=1 h P= 1atm

**Tabla 6** Análisis de corrientes, composición y variables de control implicadas durante la etapa de obtención de las perlas de quitosano

## Diseño de planta piloto

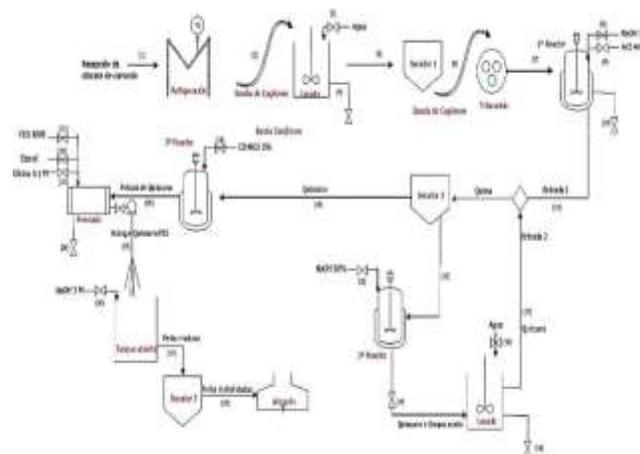
El diseño de la planta piloto para la producción de quitosano y perlas de hidrogel a base de quitosano se realizó digitalmente, considerando el protocolo que sigue en el laboratorio para proponer el equipo pertinente y su capacidad. La línea de proceso se dividió en cuatro etapas, esto es: 1) Acondicionamiento de la materia prima, 2) Desmineralización, 3) Desproteínización y 4) Obtención de las perlas. En los resultados del diseño se realizaron dos diagramas, uno de ellos muestra todo el proceso de producción de quitosano y perlas en el que se indican las corrientes de acuerdo a las tablas 4, 5 y 6 (Figura 3). El otro diseño muestra el proceso separado en las cuatro etapas que antes se mencionaron. Este diseño incluye la instrumentación requerida, así como las corrientes de entrada y salida de cada operación unitaria (Figura 4).

Es importante notar que el 80% del equipamiento esquematizado en el diseño de la planta piloto fue cotizado (datos no mostrados). Así mismo, toda la instrumentación. En cuanto al rendimiento de quitosano se puede apreciar en la Tabla 1, que es del 15.8%, el cual se mejoró respecto de otros estudios en los que alcanzaban entre el 10 y 12%. El grado de desacetilación del quitosano en este estudio fue de 59% mediante la técnica de titulación potenciométrica y su peso molecular fue de  $310,000 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  (datos no mostrados).

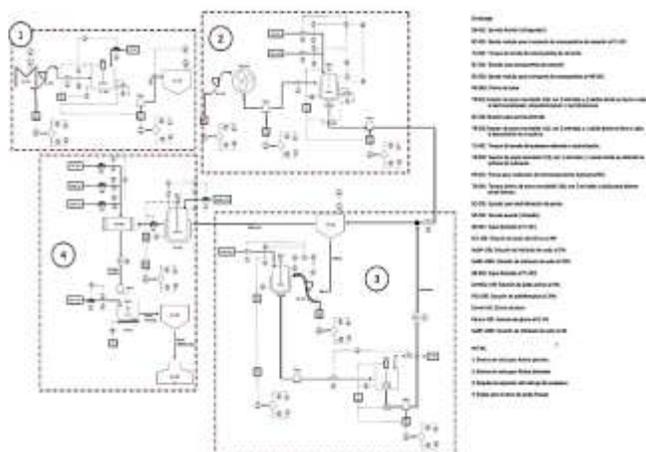
Los ensayos para formar el hidrogel con PEG se llevaron a cabo sin ningún problema y éste fue capaz de formar las matrices copoliméricas por inmersión en NaOH 3N, resultando en la producción de perlas maduras.

Es importante decir que la proporción de quitosano en la composición de la perla es del 2%, por lo cual el rendimiento final de las perlas es bastante alto, aproximadamente 80 kg de perlas para 10 kg de cáscaras secas de camarón, las cuales rinden 1.58 kg de quitosano.

Los costos de producción de quitosano y de las perlas se realizaron por separado, entregando un costo total de producción de quitosano de \$5,700.00/kg de quitosano y de \$371.25/kg de perla, sin considerar la deshidratación de la misma. El costo actual de quitosano comercial con características muy similares a las obtenidas en este trabajo es de \$23,000.00/kg. Por lo tanto la propuesta de la planta piloto es una alternativa viable y económica para la producción de quitosano. El costo adicional de producción de perlas a partir del quitosano ya producido es insignificante, además de que esta tecnología ya ha sido probada en estudios de biorremediación en trabajos previos.



**Figura 3** Representación esquemática de planta piloto para la producción de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón y obtención de perlas de hidrogel a base de quitosano. Las corrientes numeradas se describen en las tablas 4, 5 y 6



**Figura 4** Representación esquemática de planta piloto para la producción de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón y obtención de perlas de hidrogel a base de quitosano. Las etapas numeradas se describen en las tabla 1

## Conclusiones

Con la experiencia realizada en el laboratorio se pudo comprobar que las condiciones óptimas para la obtención de las perlas deshidratadas a base de un hidrogel de quitosano dependen fuertemente del tamaño de partícula del exoesqueleto de camarón, tiempos de reacción y las concentraciones de los reactivos. El estudio llevado a cabo en el laboratorio, permitió la determinación de variables y niveles de operación de la planta que se modificarán en el escalamiento, permitiendo la selección del equipo que se utilizará en el proceso. En el trabajo se presenta el costo aproximado por lote de producción, así como los costos del quitosano que se manejan actualmente en el mercado, permitiendo hacer una estimación de la rentabilidad de la planta con base en los rendimientos obtenidos del quitosano (15%). El reconocimiento del equipo propuesto permitirá en futuras investigaciones el análisis del costo del equipo de la planta piloto. Con el diseño *in silico* de la planta piloto se desarrolla de forma general el proceso de producción de la planta piloto y se permitirá la automatización y el control del proceso para la obtención del producto deseado.

## Referencias

Abraham S, Brahim S, Guiseppi-Elie A. (2004). Molecularly engineered hydrogels for implant biocompatibility. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 7. pp: 5036-5039.

Anaya Durand, A. y Pedroza Flores, H. (2008). Escalamiento, el arte de la ingeniería química: Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina. *Redalyc.* 23(1), pp. 31-39.

Austin, P., Brine, C. y Castle, J. (1981). *Chitin: New Facets of Research.* Science. Rourkela, India: s.n.

Baasel, William D. (1974). *Preliminary chemical engineering plant design.* Elsevier. New York-Oxford-Amsterdam.

Berghoff, C. F. (2011). *Desarrollo y caracterización de matrices compuestas quitosano/polimero sintético para la regeneración de tejido óseo.* Tesis. La Plata, Argentina: s.n.

Cabarcas Lorduy, Marimón Bolivar, W y Miranda Marzola, M. (2011). *Diseño de un proceso económico y competitivo para la extracción de quitina y producción de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón.* Tesis. Universidad de Cartagena.

Cárdenas, Jose Tito; Cárdenas, Ricardo Alfonso; Molina, Miller Yamith; Salazar, Juan Pablo; Torres, Alexander; Vásquez, Juan Manuel. (2011). *Planta piloto de procesos industriales.* Tesis. Universidad San Buenaventura, Sede Bogotá Centro de Formación Técnica y Tecnológica Tecnología en Electrónica, Bogotá.

Chatelet, C., Damour, O. y Domard, A. (2001). Influence of the degree of acetylation on some biological properties of chitosan films. *Biomaterials.* 22(3). pp: 261-268.

- Donati, Gianni y Paludetto, Renato. (1997). Scale up of chemical reactors. *Catalysis Today*. 34. pp: 483-533.
- Escobar Sierra, D. M., Ossa Orozco, C. P., Quintana, M. A. y Ospina, W. A. (2013). Optimización de un protocolo de extracción de quitina y quitosano desde caparzones de crustáceos. *Scientia et Technica*, 18(1), pp. 260-266.
- Escorcía, D. Hernández, D. Sánchez, M. y Benavente, M. (2009). Diseño y montaje de una planta piloto para la extracción de quitina y proteínas. *Nexo, Revista Científica*. 22 (2). pp: 45-55.
- Johnstone, Robert E. y Thring, Meredith W. (1957). *Pilots Plants, Models and Scale Up Methods in Chemical Engineering*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York-Toronto-London.
- Kumari, Suneeta y Rath, Pradip Kumar. (2014). Extraction and characterization of chitin and chitosan from (*Labeo rohita*) fish scales. *Procedia Materials Science*. 6. pp: 482-489.
- Mannan, Sam. (2014). *Lees' Process Safety Essentials Advanced Chemical Engineering Worldwide*. Primera Edición. Elsevier.
- Marmol, Z. Paéz, G. Rincón, M. Araujo, K. Aiello, C. Chandler, Cy Gutiérrez, E. (2011). Quitina y quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. *Revista Tecnocientífica URU*. No. 1. pp: 53-58.
- Martínez-Camacho, Ana Patricia. (2009). *Propiedades estructurales y fungistáticas de biopelículas de quitosano de ensilados de desechos de camarón*. Tesis. Universidad de Sonora.
- Pillai, C.K.S. Willi Paul, Chandra P. Sharma. (2009). Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. *Progress in Polymer Science*. 34. pp: 641-678.
- Rinaudo, Marguerite. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Prog. Polym. Sci*. 31. Pp: 603-632.
- Romero-Peñaloza, Elkin Libardo. (2011). *Obtención de hidrogeles de quitosano a partir del micelio de *Aspergillus niger* y su estudio en la liberación controlada de cefalexina*. Tesis. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas.
- Sashiwa, H. Saimoto, H. Shigemasa, Y. Owaga, R y Tokura, S. (1991). Distribution of the acetamide group in partially deacetylated chitins. *Carbohydrate Polymers*. 16, pp: 291-296
- Singla, A. y Chawla, M., (2001). Chitosan: some pharmaceutical and biological aspects--an update. *J Pharm Pharmacol*. 2001; 53(8). pp: 1047-1067.
- Zuluaga, F. (1998). *Introducción a la Química de Polímeros*. Universidad del Valle, Santiago de Cali. pp: 3-23.
- Wintola OA, Afolayan AJ. (2015). The antibacterial, phytochemicals and antioxidants evaluation of the root extracts of *Hydnora africana* Thunb used as antidysenteric in Eastern Cape Province, South Africa. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 15:307.

## Estudio de caso clínico en jugador amateur de basquetbol con presencia de puntos gatillo en recto femoral y la aplicación de punción seca en combinación de la modalidad térmica de ultrasonido terapéutico

GARCIA, Ana†\*, SASIA, Karen y AMARO, Osvaldo

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

Recibido Enero 30, 2016; Aceptado Mayo 21, 2016

### Resumen

Los puntos gatillos miofasciales son zonas hiperirritables localizadas en una banda tensa de un músculo esquelético, la placa motora de los puntos gatillo miofasciales activos tiene un incremento anormal en la liberación de acetilcolina en reposo. La punción seca se utiliza para el tratamiento del dolor y la disfunción neuromusculoesqueléticas, producidas por PGM así como el ultrasonido terapéutico. Determinar los beneficios de la combinación del ultrasonido terapéutico y punción seca en un jugador amateur de basquetball con presencia de punto gatillo miofascial. Se realizó un estudio de tipo experimental. El estudio fue realizado en un solo paciente, manifestando mejoría durante las 12 sesiones de tratamiento, con disminución del dolor y mejora en sus cualidades neuromusculares. Existe aun poca evidencia sobre efectos que pueden tener el ultrasonido y la punción seca por lo cual es necesario realizar nuevos estudios y con una mayor población.

**Puntos Gatillo, Punción Seca, Ultrasonido Terapéutico**

### Abstract

Myofascial trigger points are hyperirritable zones located in a tight band of a skeletal muscle, the active myofascial trigger points motor plate has an abnormal increase in the release of acetylcholine at rest. Dry puncture is used for the treatment of neuromusculoskeletal pain and dysfunction, produced by PGM as well as therapeutic ultrasound. To determine the benefits of the combination of therapeutic ultrasound and dry puncture in a basketball player with a myofascial trigger point. An experimental study was carried out. The study was performed in a single patient, showing improvement during the 12 sessions of treatment, with decreased pain and improvement in their neuromuscular qualities. There is still little evidence on the effects of ultrasound and dry puncture, which is why new studies and a larger population are necessary.

**Cryotherapy, thermotherapy, thermoregulation, vasoconstriction**

**Citación:** GARCIA, Ana, SASIA, Karen y AMARO, Osvaldo. Estudio de caso clínico en jugador amateur de basquetbol con presencia de puntos gatillo en recto femoral y la aplicación de punción seca en combinación de la modalidad térmica de ultrasonido terapéutico. Revista de Ciencias de la Salud. 2016. 3-7: 31-37

\*Correspondencia al Autor (euribelo@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los puntos gatillos miofasciales son zonas hiperirritables localizadas en una banda tensa de un musculo esquelético que genera dolor con la compresión, distensión, contracción del tejido, que generalmente responde con un dolor referido en una zona alejada de la original. Un punto gatillo miofacial puede clasificarse de manera activa o latente, central o insercional, primario o secundario, diferenciándose a la vez de puntos gatillos cutaneos, ligamentosos y periositicos.

En ocasiones un punto gatillo miofacial puede estar presente como resultado de procesos pasados y como una sobrecarga o una sobre sollicitación, así como un traumatismo directo, auto perpetuándose si no se toman las medidas oportunas para eliminarlo, en otras ocasiones, puede ser secundario a un proceso actual como un problema articular, un déficit nutricional o un mal uso continuo de la musculatura.

El baloncesto es un deporte de mucho contacto físico del cual el atleta debe tener una buena condición física para recibir golpes durante la competición, algunos de estos traumatismos pueden activar puntos gatillo miofasciales de manera directa o por fatiga al sobre esfuerzo después del ejercicio físico. En general existen varios tratamientos para la solución de puntos gatillos miofasciales, mediante terapia manual, masaje, corrientes eléctricas particularmente el uso de Tens, laser de baja potencia, ultrasonido y punción seca. Según la literatura científica los tratamientos que presentan un significativo efecto sobre los PGM, es la técnica de punción seca y ultrasonido térmico. La punción seca es una técnica especializada realizada por un terapeuta físico utilizando agujas filiformes para penetrar en la piel y / o tejidos subyacentes para lograr cambios en las estructuras y funciones del cuerpo para la evaluación y gestión de las condiciones neuromusculoesqueléticas, dolor, alteraciones del movimiento, y la discapacidad.

La terapia de ultrasonido (US) es una intervención alternativa muy importante debido a la capacidad del US para penetrar los tejidos superficiales y profundos, con la finalidad de disminuir el dolor, producido por los PGM, mediante una aplicación térmica.

## Puntos Gatillo

Los puntos gatillo activos varían en irritabilidad en cada hora y día, mientras que los síntomas y signos de un PGM duran más que el factor desencadenante, al mismo tiempo estas zonas hiperirritables pueden provocar alteraciones autonómicas como el lagrimeo y la salivación, alteraciones propioceptivas y alteraciones motoras. Los puntos gatillo miofasciales pueden ser activados de manera directa e indirecta, los factores desencadenantes por un mecanismo directo es la sobrecarga aguda, fatiga por esfuerzo, traumatismo, mientras que dentro de los mecanismos indirectos son activados por otros PGM, enfermedad visceral, inflamación o disfunción articular, radiculopatía y estrés emocional. Los PGM pueden clasificarse según su clínica, según su localización y según su relevancia, (ver tabla 1).

Clasificación de los Puntos Gatillo Miofacial		
Según su clínica	PGM Activo	Responsable del dolor espontaneo con o sin activación
	PGM Latente	No causa dolor espontaneo, pero es doloroso cuando es estimulado manualmente o mediante aguja
Según su localización	PGM central	Se encuentra en el vientre muscular
	PGM Insercional	Se encuentra en la unión miotendinosa
Según su Relevancia	PGM Primario	Su inactivación conlleva a la inactivación del PGM secundario.
	PGM Secundario	Cuya inactivación depende de la inactivación del primero

**Tabla 1** Hong-You Ge et al. / European Journal of Pain

GARCIA, Ana, SASIA, Karen y AMARO, Osvaldo. Estudio de caso clínico en jugador amateur de basquetbol con presencia de puntos gatillo en recto femoral y la aplicación de punción seca en combinación de la modalidad térmica de ultrasonido terapéutico. Revista de Ciencias de la Salud. 2016

Los signos de los PGM están relacionados con la tensión del músculo, los estiramientos activos o pasivos así como la contracción contrarresistencia producen un aumento del dolor, conllevando a la limitación de la amplitud de movimiento, el músculo se encuentra débil pero sin atrofia, los PGM refuerzan el dolor de tipo profundo así como disestesia en la zona de dolor.

### Fisiopatología de los puntos gatillo

La placa motora de los puntos gatillo miofasciales activos tiene un incremento anormal en la liberación de acetilcolina en reposo. La teoría integradora de Simons propone que este incremento provoca la disfunción primaria en el síndrome de dolor miofascial, el aumento de acetilcolina en la placa motora provoca pequeños potenciales de acción que despolarizan constantemente la fibra muscular, produciendo un acortamiento sostenido, conocido como nudo de contracción. Esta entrada constante de calcio y sodio en la fibra muscular daña específicamente la membrana celular.

Las redes neuronales que de forma crónica transmiten estímulos nociceptivos, convergen en el ganglio de la raíz dorsal con redes neuronales "sanas".

Los estímulos dolorosos provenientes de diversas estructuras, como articulaciones, vísceras, nervios y tejido muscular con puntos gatillo miofasciales, activan las redes neuronales sanas e inician la formación de puntos gatillo miofasciales en sus músculos. Hong define esta convergencia y activación como circuitos de puntos gatillo miofasciales.

Estos circuitos explican la asociación de los puntos gatillo miofasciales con la cefalea tensional, la prostatitis crónica y otras afecciones.

### Efectos fisiológicos de la punción seca

La punción seca es una técnica especializada realizada por un terapeuta físico utilizando agujas filiformes para penetrar en la piel y / o tejidos subyacentes para lograr cambios en las estructuras y funciones del cuerpo para la evaluación y gestión de las condiciones neuromusculares, dolor, alteraciones del movimiento, y la discapacidad. La punción seca se utiliza para el tratamiento del dolor y la disfunción neuromusculares, producidas por PGM.

La inserción de la aguja una vez hecho el diagnóstico y localización del punto gatillo tendrá en específico ciertos beneficios sobre el rendimiento del deportista.

1. Destrucción de la Placa Motora en disfunción.
2. Promover la respuesta Inflamatoria
3. Lavado de sustancias alógenas.
4. Efecto anti – nociceptivo segmentario.

A la inserción de la aguja en el tejido muscular sobre la banda tensa según la técnica de aplicación utilizada provocara un daño tisular de la placa motora lo que desencadenara un desequilibrio en el proceso de contracción muscular, se sabe que a nivel de la terminal axónica y siguiendo la hipótesis integradora existe una excesiva liberación de acetilcolina lo que promueve la excesiva contracción de varias fibras musculares, este proceso se verá interrumpido gracias a la destrucción de la placa motora en disfunción. Este daño tisular inducido por la inserción de la aguja provocara la aparición de la respuesta inflamatoria lo que desencadenara un aumento de la vasodilatación por ende habrá un lavado de sustancias alógenas.

La entrada de la aguja también es la causante de una excitación de los mecanorreceptores y el desarrollo de aferencias sensoriales del asta posterior, esto bloquea la vía nociceptiva y se registra menor dolor miofascial.

## Efectos fisiológicos del ultrasonido terapéutico

Esta técnica utiliza cristales piezoeléctricos para convertir energía eléctrica en energía de oscilación mecánica. Se cree que su efecto terapéutico en el síndrome de dolor miofascial se asocia con el aumento de la circulación y el metabolismo local, así como con la elongación y reparación del tejido miofascial a través de sus efectos térmicos y mecánicos.

## Indicaciones y contraindicaciones de la aplicación de punción seca

El uso de punción seca conlleva a considerar las posibles indicaciones de su uso, como medidas de precaución, el uso incorrecto de la técnica puede alterar o dañar tejidos internos.

### Indicaciones

- Puntos Gatillo Miofasciales.

### Contraindicaciones

- Belonefobia (miedo insuperable a las agujas).
- Coagulopatias o tratamiento con anticoagulantes.
- Zonas de la piel con algún tipo de herida o cicatriz.
- Enfermedades dérmicas como psoriasis o infecciones.

### Precauciones

- Miedo a las agujas.
- Inmunodepresión o inmunosupresión.
- Hipotiroidismo.
- Niños.
- Embarazadas en los primeros tres meses de gestación.
- Alergias.

## Indicaciones y contraindicaciones de la aplicación de ultrasonido terapéutico

El conocimiento de las indicaciones y contraindicaciones en la implementación de ultrasonido, son relativamente importantes para el buen uso de dicho agente electrofísico.

### Materiales

Los materiales utilizados para la recolección de datos se obtuvieron mediante fuentes bibliográficas de libros, artículos, y revistas. Buscadores utilizados; google academico, elservier y EBSCO.

Los materiales utilizados para la realización y desarrollo de este artículo tienen las siguientes características, ultrasonido terapéutico con modalidad térmica y no térmica, cabezal de 5 cm<sup>2</sup>, BNR de 5:1 y agujas AcuBEST de 0.30x40mm básicas para el tratamiento de PGM, guantes de latex quirúrgicos, alcohol etílico, algodón y gel terapéutico.

### Métodos

Tipo de estudio experimental, paciente masculino de 30 años de edad, manifiesta dolor en la cara posterior del muslo por un golpe directo durante su actividad deportiva, durante la valoración terapéutica se encuentra debilidad de la musculatura extensora de rodilla, así como debilidad de la musculatura flexora de cadera sin presencia de atrofia muscular, durante la palpación se perciben bandas tensas específicamente a nivel del recto femoral en su extremo distal, fue tratado mediante la combinación de punción seca y ultrasonido térmico para la solución del PGM. El tratamiento para la solución de PGM mediante combinación de US y punción seca, el tratamiento fue implementado con una frecuencia de 3 sesiones por semana, durante 12 sesiones.

Durante su desarrollo no se aplicaron otros agentes terapéuticos, ya que la finalidad de este estudio fue evidenciar la eficacia que tienen el ultrasonido y la punción seca de manera conjunta. Los parámetros utilizados en la dosificación del ultrasonido fueron los siguientes: frecuencia de 1 MHz, modalidad continua, intensidad  $1.5 \text{ W/cm}^2$ , duración 12 minutos, con un tamaño del cabezal de  $5 \text{ cm}^2$ . El US fue de tipo directo con movimientos de rotación durante su aplicación.

## Resultados

Durante la primera sesión de la aplicación de Punción Seca se utilizó la técnica de palpación en plano sobre la musculatura del recto anterior en el cual el paciente presentaba banda tensa, dolor referido y nódulo doloroso en la zona más proximal a la inserción del recto anterior del cuádriceps, se utilizó la técnica de Hong a lo cual el paciente confirmó el diagnóstico de punto gatillo ya que presentó respuesta del espasmo local dolor referido de 9/10 según la escala de EVA a la presión, se insertó la aguja en sentido vertical y posterior a esto se hizo el cambio de dirección en sentido longitudinal a la banda tensa, hasta que la respuesta de espasmo local disminuyó. (Figura 1, 2 y 3)



**Figura 1** Insección de la aguja



**Figura 2** Cambio de dirección de la aguja



**Figura 3** Cambio de dirección de la aguja

Posterior a esto se le aplicó una sesión de ultrasonido terapéutico en su modalidad térmica a una frecuencia de 1 MHz con una intensidad de  $1.5 \text{ w/cm}^2$  con una duración de 12 minutos sobre el área de aplicación. (Figura 4)



**Figura 4** Aplicación de ultrasonido terapéutico

En la última sesión se realizó el mismo procedimiento con las mismas características de la dosificación del ultrasonido terapéutico. En la siguiente tabla se muestra la disminución del dolor a la presión y la capacidad de realizar el gesto motor deportivo en las que el paciente presentaba mayor dificultad para realizarlas.

Numero de sesión	Dolor según EVA	Gesto Motor Deportivo
1 – 4 Sesión.	6 / 10 a la presión.	Pivotes: paciente que refiere un dolor de 8 / 10 según EVA, Figura 1.5 Posición de defensa: paciente que refiere un dolor de 9/10 según EVA. Figura 1.6 Salto: Paciente que refiere un dolor de 9/10 según EVA. Figura 1.7
5 – 8 Sesión.	3 / 10 a la actividad.	Pivotes: paciente que refiere un dolor de 5 / 10 según EVA, Posición de defensa: paciente que refiere un dolor de 4/10 según EVA. Salto: Paciente que refiere un dolor de 6/10 según EVA.
9 – 12 Sesión.	0 / 10 a la actividad.	Pivotes: paciente que refiere un dolor de 0 / 10 según EVA, Posición de defensa: paciente que refiere un dolor de 1/10 según EVA. Salto: Paciente que refiere un dolor de 2/10 según EVA.

**Tabla 2**



**Figura 5** Posición de pivote el paciente realiza una poyo axial de una de las extremidades inferiores sobre la cual ejecuta un movimiento de rotación de la otra extremidad



**Figura 6** Posición de defensa el paciente adopta una posición de flexión de cadera y rodilla de 45° y 35° respectivamente con las extremidades superiores en 90° de abducción y columna recta



**Figura 7** Posición de salto el paciente adopta la de preparación para salto

## Agradecimiento

Los autores desean agradecer a la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato UTSOE, por su apoyo financiero.

## Conclusiones

Después del estudio realizado se concluye que los beneficios de la combinación de ultrasonido terapéutico y punción seca, influyen en la recuperación de un paciente con PGM, en la liberación de esta banda tensa. Aunque hay una necesidad de realizar nuevos estudios en una población mayor, para establecer los efectos conseguidos en los PGM, especialmente en relación con la eficacia del ultrasonido, por ese motivo es importante desarrollar nuevos estudios sobre el tema para obtener mayores ventajas de sus beneficios, así los fisioterapeutas pueden ofrecer a sus pacientes una mejor calidad en el tratamiento rehabilitador, permitiendo el retorno de los mismos a sus actividades diarias y/o deportivas.

## Referencias

- Cotchett MP, Montaña SE, Landorf KB. Effectiveness of trigger point dry needling for plantar heel pain a randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2014; 94:1083 – 1094.
- Gutiérrez E, Lavado I, Méndez S. Revisión sistemática sobre el efecto analgésico de la crioterapia en el manejo del dolor de origen músculoesquelético. *Rev Soc Esp Dolor*. 2010; 17(5):242–252
- Kim Y, Hong – Ryeol Y, Jae – Wood L. Effects of the high – power pain threshold ultrasound technique in the elderly with latent myofascial trigger points: A double – blind randomized study. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 27 (2014) 17-23 DOI 10.3233/BMR – 1304 14.
- Korr IM, Thomas PE, Wright HM. Significado clínico del estado facilitado. *J Am Osteopata Assoc*. 1955; 54 (5): 277-282.
- Lewitt K. Manipulador Terapia de Rehabilitación del Sistema de motor. 2ª ed. Oxford: Butterworth Heinemann; 1991.
- Lokesh G, Prakash S. Ultrasound – Guided Trigger Point Injection for Myofascial Trigger Points in the Subscapularis and Pectoralis Muscles. *Yonsei University College of Medicine* 2016 Mar; 57 (2): 538.
- Manca A, Lomeneta E, Pilorzi G. Ultrasound and laser Stand – Alone Therapies for Myofascial Trigger Points: A randomized Double – Blind, Placebo – Controlled Study. *Phys Wiley Online Library*. 2014; DOI:10.1002/pri.1580
- Nelson HL. Letter to the editor on “The human movement system our professional identity”. *Phys Ther*. 2014; 94:1676. [DOI: 10.2522/ptj.2014.94.11.1676.2]
- Página P, Frank CC, R. Lardner. Evaluación y tratamiento del desequilibrio muscular: El Enfoque Janda. Champaign IL: Human Kinetics; 2010.
- Palmer L, Grover Snook K, Richman S. Punción seca. EBSCO publishing 2016. T709230.

## Legalización de la Marihuana en México y su uso terapéutico

CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe†\*, VARGAS-CABRERA, Leticia, GARCÍA-GARCÍA, Raúl y LEMUS-HERNÁNDEZ, Julio César

*Universidad Tecnológica de San Juan del Río*

Recibido Diciembre 09, 2015; Aceptado Abril 30, 2016

### Resumen

El objetivo del trabajo realizado es aportar evidencia científica de los beneficios del uso medicinal del Cannabidiol extraído de la marihuana, establecer el marco jurídico respecto a su posible Legalización en México y aportar una opinión sobre el debate nacional respecto al tema. La investigación se realizó de forma sistemática en bibliografía reconocida en el ámbito científico, en los diarios de circulación nacional e instituciones nacionales e internacionales reconocidas. El marco jurídico se obtuvo de las leyes vigentes en México hasta el momento. Las evidencias aportadas abren un panorama alentador para el uso del Cannabidiol para diversos padecimientos, tales como el glaucoma, algunos tumores, Alzheimer y la depresión, pero principalmente en el tratamiento de la epilepsia. Los pasos a seguir en el país será legislar el uso terapéutico y apoyar a los centros de investigación para que realicen el trabajo que se espera de ellos, hasta lograr comercializar el producto. La principal contribución de ésta investigación es la de aclarar la importancia de la legalización del uso terapéutico del Cannabidiol extraído de la marihuana y que la opinión pública confunde con la legalización que buscan algunos grupos para uso lúdico de la marihuana.

**Cannabidiol, Marihuana, Epilepsia, Legalización en México**

### Abstract

The objective of our research is to provide scientific evidence of the benefits of Cannabidiol extract taken from marijuana for medicinal purposes. We will also review the legal framework regarding the possible legislation of its use in Mexico. In addition, we will provide our opinion regarding this matter. This research was systematically conducted in literature and newspapers specialized in this field and in renowned national and international institutions. In addition, we have taken into consideration the existing legal framework in Mexico. The evidence obtained in this research promises encouraging data which shows that Cannabidiol can be used in the treatment of a variety of illnesses such as glaucoma, some tumors, Alzheimer's and depression but most importantly in the treatment of epilepsy. The next step is the legislation of Cannabidiol as a therapeutic substance in Mexico and provide funds for research centers to continue their investigations as is expected of them until they are able to market this product. The most important aspect of this research is to clarify the importance of legalizing the use of Cannabidiol for theatrical purposes only. And by doing so, we wish to change the mistaken perception that public has that its legalization is being promoted by some groups for recreational purposes.

**Cannabidiol, Marijuana, Epilepsy, Legalization in Mexico**

**Citación:** CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe, VARGAS-CABRERA, Leticia, GARCÍA-GARCÍA, Raúl y LEMUS-HERNÁNDEZ, Julio César. Legalización de la Marihuana en México y su uso terapéutico. Revista de Ciencias de la Salud. 2016. 3-7: 38-47.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: fcastanedao@utsjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En México es completamente ilegal cualquier actividad relacionada con la planta de Marihuana (*Cannabis sativa*). La legislación para las drogas en México está establecida en la Ley General de Salud de 1984, junto con lo que en materia de drogas establece el Código Penal Federal luego de las reformas de 1994. El 21 de agosto de 2009 entró en vigor un decreto que reforma la Ley General de Salud, el Código Penal Federal y el Código Federal de Procedimientos Penales. El decreto se conoce popularmente como Ley de Narcomenudeo, dado que su principal objetivo es justamente combatir la modalidad del comercio de drogas al por menor. El decreto determina también cantidades máximas de las diversas sustancias permitidas para el consumo personal. De esta forma, las reformas hechas en 1994 al Código Penal Federal - junto con lo establecido en la Ley General de Salud - conforman en gran parte la legislación vigente en México en materia de drogas. (Transnational Institute drugs and democracy, 2014).

Esta legislación ha dejado de lado su posible uso para efectos medicinales, por lo que éste artículo de opinión tiene como finalidad aportar evidencia científica de los beneficios del uso medicinal de la marihuana. Como se verá más adelante existe confusión entre la población respecto al tema, por lo que se tratará de aclarar algunos aspectos para la comprensión del tema y poder tomar decisiones en un momento dado.

## Antecedentes

Desde mediados de la década pasada se han presentado en México varias iniciativas de ley sobre la marihuana en distintas comisiones parlamentarias, dos en el ámbito local (la Asamblea Legislativa del Distrito Federal y el Congreso del estado de México), y cinco a nivel federal (cuatro en la Cámara de Diputados y una en la Cámara de Senadores).

A éstas se suma la propuesta del diputado Fernando Belaunzarán (PRD) presentada en noviembre de 2012 que contempla permisos para plantar la marihuana de consumo personal.

En este documento se hace un recuento de las iniciativas legislativas más destacadas y de importantes pronunciamientos relacionados con cambios a las leyes y políticas de drogas en el país entre 2006 y 2012. (Transnational Institute drugs and democracy, 2014)

Los resultados de todos éstos intentos de cambiar las leyes no han rendido frutos, sin embargo el pasado 5 de noviembre del 2015, la Suprema Corte de Justicia de la Nación presentó la sentencia en la que concedió amparo a cuatro personas para que puedan cultivar, poseer, transportar y consumir marihuana con fines recreativos. Estas cuatro personas son miembros de la Sociedad Mexicana de Autoconsumo Responsable y Tolerante (SMART), un club que defiende el derecho humano de libertad de elección frente al consumo de la marihuana. Estos activistas, según aclararon, no son consumidores y no interpusieron el amparo legal ante el Estado Mexicano para fumar marihuana, sino con el objetivo de descriminalizar las políticas públicas sobre las drogas: "Queremos que este derecho se haga extensivo a todos los mexicanos para que el estado deje de criminalizar el consumo y se dedique a protegernos de lo que nos puede afectar como los secuestros y las extorsiones, crímenes que violentan la convivencia ciudadana, este es un tema de salud, no penal", dijo Juan Francisco Torres, uno de los mexicanos que recibió la autorización. (Redacción BBC Mundo, 2015).

Ésta acción de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, abrió las puertas para un nuevo debate a nivel Nacional sobre la legalización de la marihuana.

En Abril de 2016 el propio presidente, Enrique Peña Nieto, había mostrado una postura de flexibilidad en el tema y había propuesto una iniciativa que incluía la legalización de la marihuana con fines terapéuticos, y un aumento de 5 a 28 gramos en la cantidad de esta hierba que un individuo puede portar, sin riesgo de ser detenido. Sin embargo, el propio Partido Revolucionario Institucional (PRI), el partido del presidente, votó a favor de posponer la discusión de la reforma. Esto ha generado dudas sobre si la iniciativa presentada por Peña Nieto fue sólo para mostrar mayor apertura y tener así buenas relaciones públicas. (Hernández, 2016).

Dicha situación se vió reflejada en los últimos acontecimientos al no lograr acuerdos en el senado por lo que la marihuana para uso medicinal no fue aprobada en el anterior período extraordinario de sesiones del Senado de la República, al no alcanzarse un acuerdo entre los senadores sobre el espectro de medicamentos permitidos y el gramaje que cada ciudadano podría portar del enervante.

Así lo dio a conocer el presidente de la Comisión de Salud en el Senado, Salvador López Brito, pese a que anteriormente se había aprobado un dictamen por unanimidad de todos los partidos políticos que permitiría la despenalización de la marihuana para uso medicinal y la siembra en el país de cannabis con fines científicos y de investigación. Al interior de las bancadas con más senadores: PRI y PAN no se logró el acuerdo para abordar este tema y se postergó para el presente período ordinario de sesiones del Congreso de la Unión, que se realizará entre septiembre y diciembre del 2016. (Figuroa Alcántara, 2016). Para la nueva legislatura se agendó como tema no prioritario el seguir impulsando el uso de la marihuana medicinal, es decir, quitar la prohibición al uso médico de derivados farmacológicos del cannabis. (Zavala, Jiménez, & Alcántara, 2016)

Como se abordará más adelante, falta aclarar y distinguir el uso medicinal de la marihuana, de las actividades “recreativas”, pues en realidad son cosas muy diferentes y no necesariamente deben de verse en conjunto.

### Metodología

El presente artículo de opinión se basa en la recopilación científica y periodística relacionada con el problema original de aportar suficiente evidencia del porqué debería autorizarse el uso de los compuestos de la marihuana para uso terapéutico. La discusión nacional en un amplio sector de la sociedad se ha basado en el desconocimiento de que el Cannabidiol (CBD) se puede usar en forma terapéutica y no es un compuesto psicotrópico, como otros compuestos presentes en la planta de *Cannabis sativa*.

Para dar fundamento a la investigación se hablará de la Historia, la caracterización del CBD, cómo funciona, su aplicación en enfermedades, además de su uso en el tratamiento de la epilepsia en México y el mundo.

### Resultados

#### Historia

El uso de la marihuana fue conocido en China hace unos cinco mil años. Fue utilizada para la obtención de fibra y de aceite. Sus propiedades curativas aparecen reflejadas en varios tratados médicos de una notable antigüedad. En la India, formaba parte de algunos rituales religiosos y fue utilizado por sus propiedades curativas, práctica que se ha conservado hasta muy recientemente. También se ha descrito su utilización por los asirios, los escitas o los persas, para calmar el dolor mediante una aplicación local u oral. Así, se ponían cataplasmas en las zonas relacionadas con el dolor.

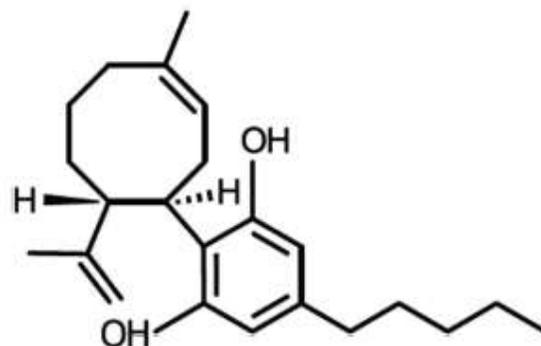
Se pensaba que servía para aumentar el apetito y como tónico general, para aliviar la fatiga, actuar como diurético, reducir el delirium tremens, disminuir la hinchazón de los testículos o actuar como un afrodisiaco (Adams, Hunt, & Clark, 1940) (Atance, J. R., & Ruiz, J. F., 2000) ( Degenhardt, Hall, & Lynskey, 2003)

Hay constancia de su uso para el tratamiento del reuma, la gripe y el paludismo en los tratados médicos chinos de 2700 a.C.; y fue introducida en Europa durante el siglo XIII. Hasta el siglo XIX la Cannabis fue uno de los preparados usados habitualmente en medicina como anticonvulsivante, analgésica, ansiolítica y antiemética. (Osorio & Tangarife, 2009).

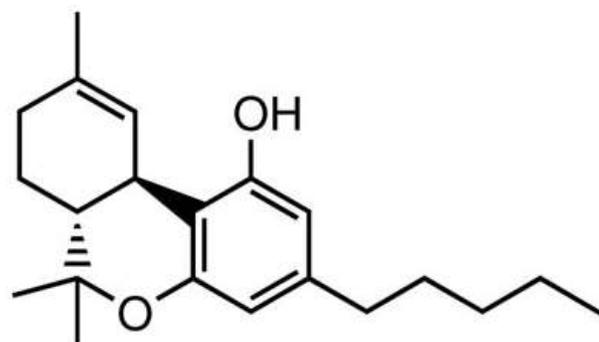
### Qué es el CBD

La planta de marihuana (*Cannabis sativa*), debe sus efectos biológicos a un conjunto de compuestos presentes en la resina secretada por las hojas y brotes florecidos de la planta, la que produce cerca de cuatrocientos compuestos químicos, de los cuales unos sesenta se consideran dentro del grupo de los cannabinoides (Baker y col. 2006).

De estos compuestos, el CBD (Cannabidiol) (Figura 1) y THC (tetrahidrocannabinol: es el agente químico que provoca los efectos psicotrópicos de la marihuana) (Figura 2) por lo general están presentes en las concentraciones más altas, y por lo tanto son los más reconocidos y estudiados. El CBD no causa trastornos, a diferencia del THC. (Adams, Baker & Wearn, 1940a).



**Figura 1** Estructura del Cannabidiol (CBD). Fuente: Mello y col., 2014



**Figura 2** Estructura del  $\Delta^9$ tetrahidrocannabinol. Fuente: Osorio, 2009

La razón por la que el CBD es no psicoactivo es debido a su falta de afinidad por los receptores CB1 (Receptor cannabinoide de tipo 1, que es un receptor cannabinoide localizado principalmente en el cerebro).

Los receptores CB1 se encuentran en altas concentraciones en el cerebro, y son las vías responsables de los efectos psicoactivos del THC. (Izzo, Borelli, Capasso, Di Marzo, & Mechoulam, 2009) (Zozaya, Medina & Tamayo, 2011) (Gloss & Vickrey, 2012)

El efecto analgésico se ha considerado inseparable del efecto psicomimético; sin embargo, existen datos de algunos cannabinoides, no psicoactivos, que tienen propiedades analgésicas. Así, el cannabidiol, cannabinoide no psicoactivo, tiene un potente efecto analgésico. (Adams & Martin, 1996). Los cannabinoides de la planta son muy similares a unas moléculas naturales del cuerpo humano, que probablemente cumplen importantes funciones en el desarrollo del sistema nervioso y en el control de la actividad neuronal que transmite la sensación de dolor y otras señales. (Devinsky y Col., 2014).

Los cannabinoides (sean humanos, vegetales o artificiales) sólo actúan tras acoplarse a un receptor específico situado en la membrana exterior de la célula. No todos los tejidos del cuerpo poseen esos receptores, se hallan sobre todo en el sistema nervioso. (Zuardi, y col. 1993). Según el Instituto Nacional Americano sobre el abuso de drogas, el humo de la marihuana contiene las mismas sustancias que el de tabaco que pueden causar enfisema y cáncer. Evidentemente cuando se mezclan ambos tipos el riesgo es mayor. Para que la planta sea psicoactiva, tiene que ser secada, solo así se pueden liberar las toxinas necesarias.

La sativa común presenta más contenido de THC cuanto más tropical sea su cultivo, se dice que "tiende a cañamizarse" cuanto más se aleje del trópico, siempre en condiciones naturales.

En 1964 los bioquímicos israelíes R. Mechoulam y Y. Gaoni aislaron al principal ingrediente psicoactivo de la planta de la marihuana: delta-9 THC, o delta-9-tetra- hydro-cannabinol-14, El THC se concentra en un orden decreciente en la resina, flores y hojas y prácticamente no se encuentra droga en el tallo, raíces o semillas. (Gaoni y Mechoulam, 1964)

## Funcionamiento de los Cannabidiolos

El cannabidiol induce efectos no psicotrópicos, y algunas de sus acciones biológicas en el sueño y muestra una gran cantidad de acciones que incluyen el estado de vigilia. Además,  $\Delta$  9-THC es un compuesto psicoactivo y produce comportamientos estereotipados, la activación de los receptores CB1. Por un lado, el CBD presenta propiedades anticonvulsivantes, sedantes, y propiedades ansiolíticas. (Murillo y Col. 2008) (Mijangos, Poot, Arankowskyl & Murillo, 2014) (Palomero y Col. 2011) (Devilet, M, 2014).

Hasta el momento, dos receptores de membrana de CBs, ambos acoplados a la proteína G y nombrado CB1 y CB2, han sido identificados. Mientras que los receptores CB1 se expresan principalmente en la zona central y el sistema periférico nervioso, los receptores CB2 se han detectado más abundantemente en las células del sistema inmune.

Por otra parte, dos receptores G acoplados a proteínas aisladas GPR119 y GPR55, posiblemente son activados por cannabinoides múltiples (Brown, 2007).

Los daños que causa el THC están reportados en el campo de la fisiología celular y han podido demostrar que el proceso de neurodegeneración puede describirse, cronológicamente hablando, en tres pasos: daño axonal primario, muerte de la neurona dañada, y daño y posterior muerte de neuronas adyacentes, lo que se denomina "degeneración secundaria".

Esta degeneración secundaria ocurre pues en neuronas inicialmente no dañadas pero que acaban muriendo por exposición a agentes citotóxicos liberados por la muerte de las neuronas con daño axonal primario. (Zozaya, Medina & Tamayo, 2011)

## El uso del CBD en enfermedades

Algunas de las enfermedades en las cuales existen evidencias de tratamiento con el CBD son:

La espasticidad que es un fenómeno complejo caracterizado por músculos tensos o rígidos. El glaucoma que se caracteriza principalmente por un aumento de la presión intraocular y hay observaciones que indican que en los fumadores de cannabis se produce un descenso de dicha presión.

Isquemia cerebral.

Tumores, cannabinoides frena el crecimiento de varios tipos de tumores en modelos animales, con lo que parecen ser agentes antineoplásicos selectivos.

En la enfermedad de Alzheimer, los Cannabinoides son capaces de prevenir dicho daño neuronal provocado por la toxicidad inducida por las placas neuríticas de beta-amiloide.

Depresión: Está bastante bien establecido que los cannabinoides son capaces de alterar el estado de ánimo. (Burguillo, 2015).

## Uso del CBD en la epilepsia

Las epilepsias pueden ser de muchas causas, pueden aparecer después de un traumatismo craneal, de una meningitis, de algún problema durante el parto, de una alteración metabólica, etc. Luego encontramos otras epilepsias de origen genético, y epilepsias de origen desconocido o idiopáticas. En ocasiones es muy difícil pautar estos medicamentos para contener las crisis según el tipo de epilepsia. La toxicidad y los efectos secundarios que se presentan en ocasiones, contraindican el uso de algunos antiepilépticos, añadiendo más dificultades al tratamiento de algunas epilepsias. (Carlini & Cunha, 1981)

Algunos cannabinoides modulan la actividad neuronal, atenuando la hiperexcitabilidad que presenta el paciente epiléptico. Además de ser efectivos contra la neuroinflamación y reducir el estrés oxidativo, que son responsables en gran parte del daño cerebral, hay un efecto neuroprotector. (Caplan & Austin, 2000) (Dantas, 2005).

Se ha encontrado que un extracto de CBD experimental de la compañía británica GW Pharmaceuticals ha producido resultados prometedores en un pequeño estudio con niños con epilepsia de difícil tratamiento.

Los últimos hallazgos de su nuevo producto Epidiolex son consecuencia del seguimiento y evaluación de 27 niños y adultos jóvenes con epilepsia resistente al tratamiento a los que se les administra el fármaco en dos hospitales de Estados Unidos.

El Epidiolex se administra en forma de jarabe con sabor a fresa-lima dos veces al día. El medicamento no contiene THC. Después de 12 semanas de tratamiento en un estudio abierto los resultados son "alentadores", con una reducción de la frecuencia de las crisis de más del 50%. (Joy, Watson & Benson, 1999).

Algunos otros ejemplos patentes de su uso están documentados en seguida. Uno de ellos es Charlotte Figi que vive en Colorado. Afectada por el síndrome de Dravet, empezó a tomar un aceite especial de marihuana con muy poco THC y mucho Cannabidiol (CBD). Los cultivadores creadores de esta variedad de marihuana enriquecida en CBD, los hermanos Stanley, llamaron a esta planta la Charlotte's Web. (Maa & Figi, 2014). Esta genética tendría alrededor de 20% de CBD por menos de 1% de THC, lo que es muy difícil encontrar dentro de otras plantas de marihuana. (Universidades de Puerto Rico y Central del Caribe, 2012).

Los pacientes que toman cannabidiol (CBD) junto con clobazam (cuya marca más conocida es el Frisium) pueden experimentar un aumento en los niveles de este último. Médicos del Hospital General de Massachusetts, EE.UU., trataron a 13 niños con epilepsia refractaria con CBD y clobazam, y comprobaron niveles elevados de clobazam. Ambos medicamentos son degradados en el hígado por la enzima CYP2C19 y por tanto compiten por la función de esta proteína.

El incremento medio de los niveles de clobazam después de 4 semanas de tratamiento fue del 60%, con una gran variabilidad llegando a veces a elevarse mucho más. Nueve de los 13 sujetos tuvieron una disminución de las convulsiones superior al 50%, que corresponde a una tasa de respuesta del 70%.

El aumento de los niveles clobazam y la disminución en la frecuencia de convulsiones ocurrieron a pesar de que en el transcurso del tratamiento con CBD las dosis de clobazam se redujeron en 10 (77%) de los 13 pacientes. Se detectaron efectos secundarios en 10 (77%) de los 13 sujetos, pero se aliviaron al reducir la dosis de clobazam. Los autores del estudio afirman que la monitorización de los niveles de clobazam "es necesaria para la atención clínica de los pacientes que toman de forma constante clobazam y CBD. No obstante el CBD es un tratamiento seguro y eficaz de la epilepsia refractaria en pacientes que reciben tratamiento con clobazam. (Geffrey y col, 2015).

El uso del CBD también se ha documentado para el uso como antidepresivo, teniendo gran potencial psiquiátrico. (R de Mello Schier y Col., 2014). En epilepsia resistente, la investigación en niños recién comienza con la aprobación de la FDA de proyectos que se iniciaron en enero de 2015, con un fármaco en base a cannabidiol puro.

A pesar de lo anterior existe cierta experiencia de casos aislados y pequeñas series con carencias metodológicas que se inician con la dificultad de determinar la composición exacta de los productos y en parte con las dosis a utilizar, pero que permiten avizorar una posibilidad terapéutica real en algunos pacientes. La revisión de la literatura permite conocer una extensa investigación bioquímica y neurofisiológica que origina algunas certezas sobre el mecanismo de acción del producto y su manejo en animales y humanos. Así mismo se sabe que cada día existen más países y estados de USA que permiten el uso del cannabidiol medicinal. (Vilches, Gómez & Barros, 2015).

### **CBD en el Mundo y en México**

El CBD no está incluido en ninguna categoría de la lista de sustancias en los EE.UU. y por lo tanto su venta en las tiendas está legalmente permitida. CBD es una droga incluida en la categoría II de la lista y técnicamente sólo está disponible de manera legal con receta médica, aunque no hay ninguna restricción legal vigente que limite el porcentaje permitido de CBD, no como en el caso del THC. (Hanusš, 2009).

Actualmente el Gobierno Mexicano a través de la COFEPRIS ha aprobado el uso de productos con Cannabidiol, solicitando un permiso de importación, se puede obtener, porque actualmente ninguna empresa farmacéutica la produce en México. Organizaciones como HempMeds® México fue creada para proporcionar acceso a los productos de aceite de cáñamo con cannabidiol a medida que sean legales en el país de México por primera vez. Según datos de la Liga Internacional contra la Epilepsia (ILAE). En México el número aproximado de personas que sufren alguna de las formas de crisis epilépticas es de 1.5 a 2 millones de habitantes. (McGough J. col, 2005)

## Conclusiones

Las evidencias aportadas en la presente investigación permiten coincidir con Osorio y Tangarife (2009), donde se observa una tendencia muy prometedora en el tratamiento de varios padecimientos. Los usos que se le darían a la marihuana (CBD) si se legalizara en México sería además del tratamiento de la epilepsia, como anestésico local, tratamientos de esclerosis múltiple, glaucoma, inflamación articular, tratamientos de la ansiedad, así como para provocar hambre a los enfermos de cáncer y sida que reciben quimioterapia.

Se ha encontrado una gran polémica para su legalización en México por lo cual las personas con estas enfermedades no han podido beneficiarse de ella, ocasionando que exista un estancamiento de legislación e información.

El 37% de la población está a favor de la legalización de la marihuana, sin embargo no aclaran si para uso lúdico o terapéutico. Los debates sobre el uso lúdico continuarán por un tiempo no estimado, sin embargo se sugiere que se separe la discusión, ya que el uso terapéutico no debería de esperar tanto tiempo.

En México no se fabrican productos terapéuticos basados en la marihuana. Si un juez autoriza su uso se tiene que expedir un permiso de importación.

Una alternativa a su liberación en México con uso terapéutico sería regular la siembra y procesamiento en laboratorios nacionales para no tener que depender de empresas extranjeras. La LXIII legislatura de la cámara de diputados tiene en su agenda para éste período ordinario de sesiones legislar al respecto. Se espera que haya avances en el tema del uso terapéutico de la marihuana. Un requisito indispensable será acabar con la corrupción que podría permea los beneficios esperados para la población enferma.

## Agradecimientos

Edna June Romo Berry (UTSJR), por su valiosa contribución.

## Referencias

Adams, I.B. & Martin, B.R. (1996). Cannabis: pharmacology and toxicology in animals and humans. *Addiction*. 91(11):1585- 1614. DOI: 10.1046/j.1360-0443.1996.911115852.

Adams R., Baker B.R., Wearn R.B. (1940a). Structure of cannabiol III. Synthesis of cannabiol, 1hydroxy-3-namyl-6, 6,9-trimethyl-6-dibenzopyran. *Journal of the American Chemical Society*, 62(1), 2204-2207.

Adams, R., Hunt, M., & Clark, J. H. (1940b). Structure of Cannabidiol, a Product Isolated from the Marihuana Extract of Minnesota Wild Hemp. I. *Journal of the American Chemical Society*, 62(1), 196-200. doi:10.1021/ja01858a058.

Atance, J. R., & Ruiz, J. F. (2000). Uso de los cannabinoides a través de la historia. *Adicciones*, 12(5), 19-30.

Baker D, Pryce G, Davies WL, Hiley CR. (2006). In silico patent searching reveals a new cannabinoid receptor. *Trends Pharmacol Sci*. 27(1), 1-4.

Brown, A.J. (2007). Novel cannabinoid receptors. *British Journal of Pharmacology*, 152(5), 567– 575.

Burguillo, D. M. (2015). CANNABIS: Posibilidades terapéuticas en el ámbito enfermero. *Revista Enfermería C y L*, 7(1), 94-100.

Caplan, R., & Austin, J. K. (2000). Behavioral aspects of epilepsy in children with mental retardation. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 6(4), 293-299.

Carlini, E. A., & Cunha, J. M. (1981). Hypnotic and antiepileptic effects of cannabidiol. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 21(S1), 417S-427S.

Dantas, F. G. (2005). Epilepsy and marijuana-a review. *Journal of Epilepsy and Clinical Neurophysiology*, 11(2), 91-93.

Degenhardt, L., Hall, W., & Lynskey, M. (11 de February de 2003). Testing hypotheses about the relationship between cannabis use and psychosis. *Drug and Alcohol Dependence*, 37-48.

Devilet, M. (2014). Historia de la epilepsia. *Revista chilena de epilepsia*, 2, 45-47.

Devinsky, O., Cilio, M. R., Cross, H., Fernandez-Ruiz, J., French, J., Hill, C., & Martinez-Orgado, J. (2014). Cannabidiol: pharmacology and potential therapeutic role in epilepsy and other neuropsychiatric disorders. *Epilepsia*, 55(6), 791-802.

Estudio para la Administración de Servicios de Salud Mental y Contra la Adicción, realizado por investigadores de las Universidades de Puerto Rico y Central del Caribe. (2012). El uso de sustancias en los escolares puertorriqueños. *Consulta Juvenil VIII*, 2010-2012.

Gaoni, Y., & Mechoulam, R. (1964). Isolation, Structure, and Partial Synthesis of an Active Constituent of Hashish. *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 86(8), 1646-1647.

Geffrey, A. L., Pollack, S. F., Bruno, P. L., & Thiele, E. A. (2015). Drug-drug interaction between clobazam and cannabidiol in children with refractory epilepsy. *Epilepsia*, 56(8), 1246-1251.

Gloss, D., & Vickrey, B. (2012). Cannabinoids for epilepsy. *Cochrane Database of Systematic Reviews* DOI: 10.1002/14651858.CD009270.pub2. 4.

Hanuš, L. O. (2009). Pharmacological and therapeutic secrets of plant and brain (endo) cannabinoids. *Medicinal research reviews*, 29(2), 213-271.

Izzo, A. A., Borelli, F., Capasso, R., Di Marzo, V., & Mechoulam, R. (2009). Non-psychotropic plant cannabinoids: new therapeutic opportunities from an ancient herb. *Trends in Pharmacological Sciences*, 30(10), 515-527. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tips.2009.07.006>

Joy, J. E., Watson Jr, S. J., & Benson Jr, J. A. (Eds.). (1999). *Marijuana and medicine: assessing the science base*. National Academies Press.

Maa, E., & Figi, P. (2014). The case for medical marijuana in epilepsy. *Epilepsia*, 55(6), 783-786.

McGough, J. J., Smalley, S. L., McCracken, J. T., Yang, M., Del'Homme, M., Lynn, D. E., & Loo, S. (2005). Psychiatric comorbidity in adult attention deficit hyperactivity disorder: findings from multiplex families. *American Journal of Psychiatry*, 162(9), 1621-1627.

Mijangos, S., Poot, A., Arankowsky, G., & Murillo, E. (2014). Intrahypothalamic injection of cannabidiol increases the extracellular levels of adenosine in nucleus accumbens in rats. *Neuroscience research*, 84, 60-63.

Murillo, E., Millán-Aldaco, D., Palomero, M., Mechoulam, R., & Drucker, R. (2008). The nonpsychoactive Cannabis constituent cannabidiol is a wake-inducing agent. *Behavioral neuroscience*, 122(6), 1378.

Osorio, J. H., & Tangarife, H. F. (27 de Noviembre de 2009). Cannabis, una opción terapéutica. *Biosalud*, 8(1), 166-177.

Palomero, M., Millán, D., Mechoulam, R., & Drucker, R. (2011). Effects on sleep and dopamine levels of microdialysis perfusion of cannabidiol into the lateral hypothalamus of rats. *Life sciences*, 88(11),504-511.

Vilches, J. M., Gómez, V., & Barros, M. D. (2015). Calidad de Vida en Niños con Epilepsia. Resistente. *Revista chilena de epilepsia*, 15(1), 12.

R de Mello Schier, A., P de Oliveira Ribeiro, N., S Coutinho, D., Machado, S., Arias-Carrión, O., A Crippa, J., & C Silva, A. (2014). Antidepressant-like and anxiolytic-like effects of cannabidiol: a chemical compound of *Cannabis sativa*. *CNS & Neurological Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-CNS & Neurological Disorders)*, 13(6), 953-960.

Zozaya Aldana, B., Medina Rodríguez, I., & Tamayo Pineda, N. (2011). Cannabinoides y su posible uso en el glaucoma. *Revista Cubana de Farmacia*. 42(3), 439-448.

Zuardi, A. W., Cosme, R. A., Graeff, F. G., Guimaraes. (1993). Effects of ipsapirone and cannabidiol on human experimental anxiety. *Journal of Psychopharmacology* 7(1): 82-88.

## Propiedades funcionales de semillas de papaya (*Carica papaya* L.)

NAVARRO-CRUZ, Addí†\*, ROJAS-ZENTENO, Eli, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martin y VERA-LÓPEZ, Obdulia

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

Recibido Enero 10, 2016; Aceptado Mayo 31, 2016

### Resumen

La papaya (*Carica papaya*) es una fruta tropical suculenta consumida ampliamente tanto como fruta fresca como en jugos, lo que genera 12-32% de desperdicio en forma de semilla, y a pesar de que existe un gran número de reportes acerca de sus efectos benéficos sobre la salud, no se cuenta con una caracterización de sus propiedades funcionales necesaria para evaluar su posibilidad de valorización y aprovechamiento en alimentos diversos, por lo que en el presente trabajo se evaluaron las propiedades funcionales de las semillas de papaya (capacidad de formar emulsiones y espumas, así como la estabilidad de éstas, capacidad de hidratación, capacidad de absorción de grasa y agua y evaluación sensorial). Las semillas, una vez recuperadas se lavaron, se secaron y se molieron, y a continuación se desarrollaron los ensayos a pH 5, 7 y 9 y a concentraciones de proteína de 0.5, 1.0 y 2.0% con la harina tal como se obtuvo y con harina desengrasada. La capacidad de emulsificar aceite fue baja, sin embargo si se utiliza a nivel de 2% de proteína la emulsión es muy estable. Las capacidades para formar espuma y de hidratación, así como la absorción de grasa fueron pobres en ambos tipos de harina. Finalmente, la harina de semilla de papaya presentó una gran aceptación sensorial al ser incluida al 5% en un producto de panificación. Se concluye que la harina de semilla de papaya podría mejorar el aspecto sensorial y nutricional en productos tipo fritura (capeados o rebozados) y en productos de panificación que no requieran la formación de espumas.

### Propiedades funcionales, Semillas, Papaya

### Abstract

Papaya (*Carica papaya*) is a succulent tropical fruit widely consumed as fresh fruit and juices, which generates 12-32% waste in seed form, and although there are a number of reports about its beneficial health effects, do not have a characterization of their functional properties necessary to assess their potential recovery and use in various foods, so in this study functional properties of papaya seeds (ability to form emulsions and foams and their stability, swelling capacity, fat and water absorption and sensory characteristics) were evaluated. Once recovered, seeds were washed, dried and milled, and tests were developed at pH 5, 7 and 9 at protein concentrations of 0.5, 1.0 and 2.0% with flour and defatted flour. The ability to emulsify oil was low, however at 2% protein level, emulsion can be very stable. Foaming and hydration capabilities and ability to absorb fat were poor in both types of flour. Finally, papaya seeds provided a sensory acceptance by being included 5% in a bakery product. It's concluded that papaya seed could improve sensory and nutritional aspect of fried type products (breaded or battered) and baked goods that do not require foaming

### Functional properties, Seeds, Papaya

**Citación:** NAVARRO-CRUZ, Addí, ROJAS-ZENTENO, Eli, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martin y VERA-LÓPEZ, Obdulia. Propiedades funcionales de semillas de papaya (*Carica papaya* L.). Revista de Ciencias de la Salud. 2016. 3-7: 48-57.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: addi.navarro@correo.buap.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El papayo (*Carica papaya*) es un árbol perteneciente a la familia de las caricáceas que fue cultivado por primera vez en México (Everette, 2003), esta planta produce frutos durante todo el año y es ampliamente cultivada en las regiones tropicales del mundo, que incluyen: la India, Bangladesh, Malasia, Australia, Indonesia, Filipinas, Sri Lanka, Sudáfrica, y partes de América tropical (Annegowda y col., 2014).

Las frutas frescas contienen cantidades de compuestos bioactivos y de valor nutracéutico, que hace que brinden beneficios potenciales para la salud (Nwofia, Ojimekwe, y Eji, 2012). Al igual que muchas frutas y verduras, la papaya es una rica fuente de antioxidantes. Los antioxidantes tienen un efecto neutralizante de los radicales libres (Addai y col., 2016; Ashgar y col., 2016).

Esta fruta no es únicamente deliciosa, sino que se conoce que todas las partes de la planta - frutas, raíces, corteza, cáscara, semillas y pulpa-, presentan efectos sobre la salud. Sus múltiples beneficios se deben principalmente a su alto contenido de vitaminas A, B y C, y a las enzimas proteolíticas como la papaína y la quimopapaína que tienen propiedades antivirales, antifúngicas y antibacterianas (Nwofia, Ojimekwe, y Eji, 2012; Elgadir, Salama y Adam, 2014).

La papaya se puede utilizar para el tratamiento de numerosas enfermedades como eczema, tubérculos cutáneos, dispepsia, estreñimiento, amenorrea, prevención de úlceras, cáncer, y en muchas condiciones más, de aquí que la papaya pueda ser considerada como una fruta con propiedades funcionales o nutracéutica (Krishna, Paridhavi y Patel, 2008; Ayoola y Adeyeye, 2010; Aravind y col., 2013).

La industria alimentaria genera grandes volúmenes de residuos sólidos orgánicos, que están infrautilizados o se descartan, y si ellos no son reciclados o procesados apropiadamente, generan diversos problemas ambientales (Barragán, Díaz y Laguna, 2008; Azevedo y Campagnol, 2014; Betine y col., 2016; Campo Vera y col., 2016), por lo que cada vez se hace más imperiosa la necesidad de caracterizar y evaluar la reutilización de estos subproductos o desechos (Gutiérrez y Castrillón, 2007; Milena, Montoya y Orozco, 2008; Matthaus y Özcan, 2012; Serrat-Díaz y col., 2016; Neuza, Da Silva y Aranha, 2016).

Las semillas de la papaya constituyen entre el 12-22% del producto de desecho del fruto (FAO, 1997; Zhou y col., 2011). Las semillas, una vez secas, están rodeadas de una corteza externa y una cubierta espinosa. Contienen una cantidad considerable de vitamina C que aparece en el aceite de la semilla, el cual, cuando se libera al molerlas para convertirlas en polvo, desprende un aroma semejante al de chocolate tostado. La composición aproximada de esta semilla en base seca se caracteriza por un contenido promedio de aceite de 33% y un 29% de proteína (Parni y Verma, 2014). El aceite, que presenta una coloración ligeramente verdosa, se ha obtenido mediante extracción con éter, y posterior caracterización, apreciándose que presenta un índice de yodo de 74.80, lo que indica que es relativamente bajo en ácidos grasos. La composición de los ácidos grasos muestra que los más abundantes son el oleico, palmítico, linoleico y esteárico, mientras que los demás están presentes en cantidades traza (Parni y Verma, 2014). El perfil de los ácidos grasos y el índice de yodo de este aceite son semejantes a los valores reportados para los aceites de olivo, pistache, nuez y almendra (Sancho y col., 2015). Todos ellos presentan también una alta concentración de ácido oleico.

Lo anterior concuerda con la observación de Hilditch y Williams (1966) en el sentido de que los ácidos oleico y palmítico principalmente, tienen la tendencia a estar presentes en plantas de regiones tropicales y subtropicales. Adicionalmente, cuando la harina obtenida de la semilla es desengrasada el contenido de proteína se eleva considerablemente (40%) al igual que el de la fibra cruda (49.9%). Sus principales minerales son Ca, P y Mg (Sancho y col., 2015).

Las semillas se han utilizado en algunas ocasiones como sustituto de la pimienta por su sabor especiado y picante, y desde hace mucho tiempo se han utilizado las semillas como agente ablandador de carnes. Algunos nativos la han utilizado como antihelmíntico, sobre todo para las ascariasis, tanto en humanos como en animales, y se estudia su papel inmunomodulador (Mojica-Hensahw y Francisco, 2003). En la India la han utilizado como anticonceptivo (Pradesh y Pradesh, 2013). El polvo de la semilla se considera emenagogo y carminativo. También es un excelente auxiliar en la digestión. Se ha utilizado además como polvo dental como agente limpiador. También presenta un efecto curativo en lesiones abrasivas (Singh y Ali, 2011; Nayak y col., 2012). Ettlinger y Hodgking (1955) fueron los primeros que atribuyeron el sabor característico de las semillas de papaya a la presencia de bencil isotiocianato, lo que posteriormente fue demostrado por muchos investigadores más (Williams y col., 2013).

A pesar de los múltiples estudios que se han realizado sobre la semilla de papaya, aún resta por analizar sus propiedades funcionales para así designarle un destino más adecuado a la semilla, como sería el caso de su adición en la preparación de algunos alimentos para aumentar su calidad nutritiva y proporcionar características sensoriales que los hagan más apetecibles al consumidor, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades funcionales de la semilla de papaya para su mejor aprovechamiento.

## Material y métodos

Para la recolección de la semilla se recurrió a los residuos generados en la industria restaurantera. Las semillas fueron conservadas en bolsas de plástico y refrigeradas hasta su preparación, la cual consistió en un lavado bajo chorro de agua para retirar restos de papaya y la cubierta externa. Una vez limpia, la semilla se secó en un secador Excalibur de 5 bandejas (Mod. 3500 BLA) por 15 horas a 60°C, posteriormente se pasó por un molino Willey (General Electric, mod. 5MB 600B-0) con malla 20 para obtener la harina.

Con la finalidad de determinar las propiedades funcionales tanto sobre harina integral como harina desengrasada, la mitad de la harina obtenida fue desengrasada con éter etílico en una relación 1:5 (harina/solvente), ya que de acuerdo con Ashgar y colaboradores (2016), el etanol es el mejor disolvente de elección para extraer productos naturales y obtener los máximos beneficios medicinales. Después de 24 horas se desolventizó a 35°C en una estufa (Riossa modelo MEC) y un posterior aereado a temperatura ambiente.

Con las harinas de semillas de papaya (HSP) así obtenidas se procedió a evaluar las propiedades funcionales: Capacidad de emulsificación (Huffman, Lee y Burns, 1975), capacidad de formación de espuma y estabilidad de la espuma (Mohanty, Mulhivill y Fox, 1988), capacidad de absorción de agua (Lorient, 1979), capacidad de absorción de grasa (Sosluky y col., 1976), solubilidad de las proteínas (cuantificandolas por el método de Lowry) y evaluación sensorial por escala hedónica).

Capacidad emulsificante: Se prepararon soluciones acuosas de proteína a concentraciones que variaban se 0.5. 1.0 y 2.0% (p/v), se ajustaron a valores de 5. 7 y 9 de pH a temperatura ambiente.

Las suspensiones fueron mezcladas en una licuadora (Man mod. 160); añadiendo lentamente aceite de maíz (coloreado con Sudan III a una concentración de 40 mg/litro), el punto final se evidenciaba en la apariencia visual de la emulsión y un cambio en el sonido típico de la licuadora. La capacidad emulsificante de las muestras individuales se expresó como: ml de aceite emulsificado/g de proteína.

Capacidad de formación de espuma y estabilidad de la espuma: Se prepararon soluciones acuosas de proteínas al 2% y se ajustaron a valores de 5, 7 y 9 de pH. Las propiedades espumantes se determinaron batiendo las muestras en una licuadora (Man, mod, 160) por cinco minutos a máxima velocidad. Se transfirieron inmediatamente a una probeta graduada anotando los volúmenes iniciales de espuma y líquido. El porcentaje de espumación se calculó como:

$$\% \text{ de espuma} = \frac{\text{Vol. de espuma (ml)} \times 100}{\text{Vol. solución proteica original}} \quad (1)$$

La estabilidad de la espuma se determinó midiendo el volumen del líquido liberado a intervalos de 4 minutos.

Capacidad de absorción de agua: se determinó midiendo el tiempo necesario para que un gramo de muestra seca, cayendo de una altura de 10 centímetros en la superficie de una solución amortiguadora de fosfatos a un pH 7 se sumergiera completamente. Se comparó con harina de trigo, arroz y maíz.

Capacidad de absorción de grasa: En un tubo de centrifuga de 50 ml, de colocaron 4 g de harina y 24 ml de aceite de maíz; el contenido se agitó durante 30 segundos cada 5 minutos durante media hora; luego se centrifugaron los tubos a 1,600 rpm por 25 minutos (centrífuga IEC, mod. K).

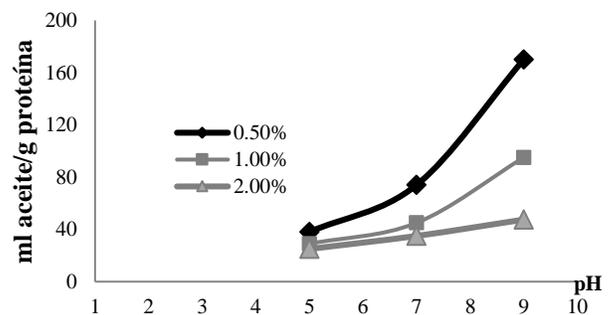
Por último, se decantó el aceite libre y se determinó el % de aceite absorbido por diferencia de peso:

$$\% \text{ de grasa absorbida} = \frac{\text{Aceite inicial (g)} - \text{Aceite final (g)} \times 100}{4 (\text{aceite inicial en g})} \quad (2)$$

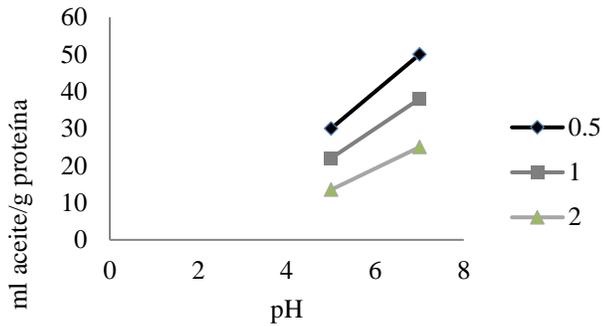
Solubilidad de las proteínas: Se prepararon soluciones de proteína al 1% y a valores de 4, 7 y 9 de pH. Se agitaron enérgicamente por 5 minutos y se centrifugaron a 3,000 rpm durante 10 minutos, posteriormente se separó el sobrenadante para realizar en él la determinación mediante el método de Lowry. Evaluación sensorial: Se realizó una evaluación por escala hedónica de 5 puntos con 20 panelistas no entrenados, a los que se dio a probar un producto elaborado con harina de semilla de papaya y otro con harina de trigo para probar su aceptabilidad.

## Resultados y discusión

Capacidad emulsificante En los gráficos 1 y 2, puede apreciarse que los factores que afectan a esta propiedad son: concentración de la proteína, pH y presencia o ausencia de grasa. En cuanto a la concentración, a medida que se incrementa el porcentaje de proteína, disminuye la capacidad emulsificante, siendo mejor a 0.5% que a 2.0% para todos los casos.



**Gráfico 1** Capacidad emulsificante de la HSP en función del pH, a diferentes concentraciones de proteína

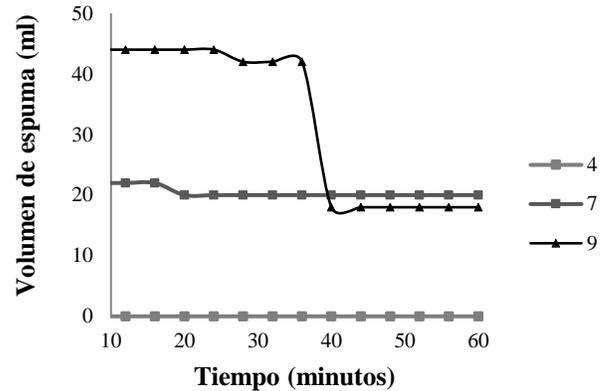


**Gráfico 2** Capacidad emulsificante de HSP desengrasada en función del pH a diferentes concentraciones de proteína

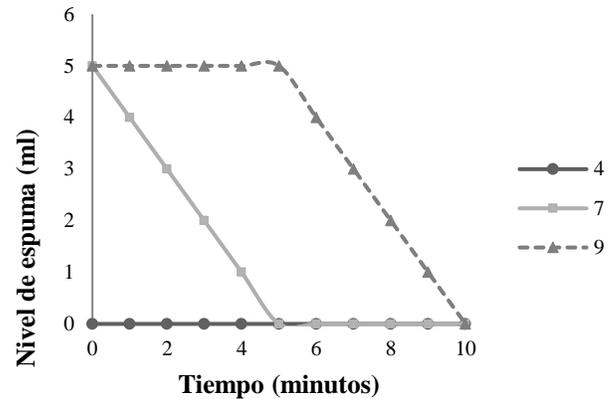
Sin embargo, en cuanto a la estabilidad se refiere, el caso se invierte, ya que las emulsiones obtenidas con el 0.5% fueron muy inestables, y en cuestión de minutos se presentó una separación casi completa de las fases acuosa y cremosa, mientras que las emulsiones obtenidas con el 2.0% de proteína permanecieron estables incluso durante varios días. La estabilidad de las emulsiones obtenidas con 0.1% de proteína, fue intermedia con respecto a los otros dos valores de concentración.

En cuanto al pH, el desarrollo máximo de capacidad y estabilidad emulsificante se presentó a pH 9, sin embargo, este valor no es de importancia práctica debido a que no se encuentran alimentos con este valor de pH. Por otro lado, también se encuentra que la harina con grasa presenta mayor capacidad de emulsificación, y de esto se puede pensar, que la grasa de la semilla de papaya puede presentar una buena actividad emulsificante.

Capacidad de espumación Mediante un batido enérgico, se determinó la capacidad de espumación (expansión), y la estabilidad de la espuma con respecto al tiempo. Puede notarse que la propiedad de espumación está afectada por el pH y la presencia o ausencia de grasa en la harina (gráficos 3 y 4).



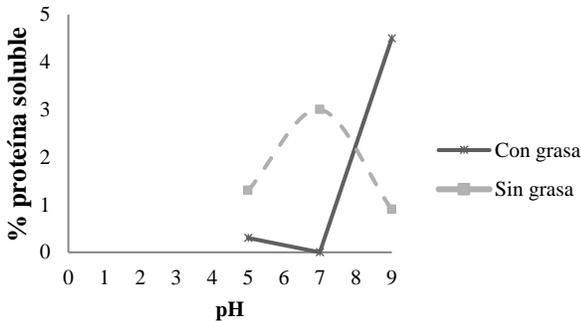
**Gráfico 3** Estabilidad de la espuma formada con respecto al tiempo en función del pH



**Gráfico 4** Capacidad de formación de espuma de una solución al 2% de HSP desengrasada en función del pH

Se aprecia asimismo, que la capacidad de formación de espuma, aunque muy relativa, aumenta con el pH en todos los casos. En cuanto al contenido de grasa, se observa que la harina desengrasada no es capaz de formar espumas a pH 4 y que su capacidad es mínima (5 ml) a pH 7 y 9, y aún este volumen fue muy inestable. Para el caso de la harina con grasa tampoco se obtuvo una espuma muy adecuada a pH 4 y 7, y solo se obtiene una espuma regular a pH 9, cuya estabilidad también fue relativa, de donde se concluye que la harina de semilla de papaya no reportaría utilidad y hasta podría resultar contraproducente en productos en los cuales se precise de formar espumas.

Solubilidad. Se determinó en el sobrenadante de centrifugación de una solución de harina y agua destilada. Esta propiedad se vio afectada principalmente por el pH y la presencia o no de grasa en la harina (gráfico 5). En realidad, para ambos tipos de harina, esta propiedad resulta muy deficiente, ya que no se obtuvo ni siquiera un 5% de proteína soluble en ambos casos. A pH 7 se obtiene un máximo de solubilidad para la harina sin grasa, mientras que para la harina con grasa es nula. Por otro lado, a pH 5 y 9, disminuye esta propiedad en la harina sin grasa, en tanto que con grasa aumenta marcadamente a pH 9, y muy ligeramente a pH 5. Es probable que esta propiedad pueda incrementarse aplicando algún tratamiento que modifique a la estructura proteica, y adicionalmente, que al aumentar la solubilidad, también se incrementaría la capacidad espumante, ya que esta propiedad está directamente relacionada con la solubilidad.



**Gráfico 5** Solubilidad de la proteína de la HSP (mg%), en función del pH

Absorción de agua.

La tabla 1 muestra que es muy baja, sobre todo si se compara con la absorción que muestran las harinas de trigo, maíz y arroz. Este resultado es compatible con la baja solubilidad y la pobre formación de espuma que se obtuvieron en las pruebas anteriores.

Probablemente esto se deba a que la proteína presente un mayor número de grupos hidrófilos en su estructura interna, impidiendo así que el agua sea fijada por solvatación, traduciéndose esto como una mínima afinidad por el agua y al gran contenido de fibra bruta de la semilla que ya se sabe es insoluble.

	Tiempo para humectación total (horas)
Harina de trigo	0.250
Harina de arroz	0.070
Harina de maíz	0.001
Harina de semilla de papaya	7.000
Harina de semilla de papaya desengrasada	>24

**Tabla 1** Capacidad de absorción de agua de la harina de semilla de papaya en comparación con otras harinas

Absorción de grasa La tabla 2 muestra que los dos tipos de harina pueden absorber aceite aunque a diferentes porcentajes, esto es, que la harina con grasa sólo absorbió un 36%, en tanto que la otra absorbió un 78%.

	% Absorción de grasa
Harina de semilla de jitomate	138
Harina de soya desengrasada	130
Harina de semilla de papaya	36
Harina de semilla de papaya desengrasada	78

**Tabla 2** Capacidad de absorción de grasa de harina de semilla de papaya comparada con otras harinas

Además del posible efecto de saturación de grasa en la muestra, es probable que esto se deba a que el elevado número de grupos hidrófobos localizados en la molécula de proteína se vean libres en la harina desengrasada y esto facilite sus interacciones con sustancias poco polares o no polares como es el caso del aceite en esta prueba.

Sin embargo, al compararla con las semillas de jitomate y soya, su porcentaje de absorción es mucho menor, lo que haría de esta harina un suplemento ideal en productos que deban ser sometidos a fritura, ya que se absorbería mucho menos el aceite.

#### Evaluación sensorial.

Con base en los resultados obtenidos, se decidió que el producto en el cual se podría integrar la harina de semilla de papaya podrían ser unas galletas, por lo que se elaboraron galletas suplementadas con 5% de harina de semilla de papaya, obteniéndose que las mismas galletas sin suplementación alcanzaron calificaciones correspondientes a 3.6 (me gustan), mientras que las galletas suplementadas tuvieron calificaciones de 4.8 (me gustan mucho), observándose también que la suplementación con la harina de semilla de jitomate elevó el contenido de proteína en la galleta 2% en comparación con la galleta sin adición de esta harina.

#### Conclusiones

La capacidad emulsificante es mayor en la harina con grasa que sin ella, lo cual representa una ventaja, ya que puede utilizarse directamente después de la molienda, ahorrando el tiempo que implica su desengrasado, además resulta más económico al no utilizarse el solvente, y podría utilizarse como aditivo en la preparación de mayonesas, como espesante en la elaboración de moles y pipianes.

La concentración más recomendable sería de 1 a 2% para obtener una estabilidad adecuada.

En cuanto a su capacidad de espumación no se considera adecuada, y también la capacidad de solubilizarse resultó deficiente.

Con respecto a la absorción de agua, sus bajos valores, lejos de ser un inconveniente resultan muy favorables si se piensa en el diseño de alimentos en polvo, como sería el caso de harina de frijol, harinas para pastel, o harinas a base de maíz para la elaboración de pinole o atoles, etc., en los cuales un factor indeseable es justamente la absorción de agua, ya que esto implica la aglomeración de estos polvos durante el almacenamiento, el aumento de la actividad de agua y por lo tanto un aumento en el desarrollo de microorganismos. Es por esto que probablemente la adición de esta harina, además de enriquecer, ayudaría a prolongar la vida en anaquel de estos productos.

Con respecto a la propiedad de absorción de grasa, si se considera adecuada. Esto resulta conveniente en el diseño de alimentos de tipo embutidos, mayonesas, etc., para este caso si se recomienda desengrasar la harina, pues así presenta su mayor capacidad.

La integración de la harina de semilla de papaya a productos alimenticios adecuados a las propiedades funcionales obtenidas fue aceptable en cuanto a sus características sensoriales.

#### Referencias

- Addai, Z. R., Abdullah, A., Mutalib, S. A., & Musa, K. H. (2016). Evaluation of fruit leather made from two cultivars of papaya. *Ital. J. Food Sci* , 28:73–83.
- Annegowda, H. V, Bhat, R., Yeong, K. J., Liong, M. T., Karim, A. A., & Mansor, S. M. (2014). Influence of Drying Treatments on Polyphenolic Contents and Antioxidant Properties of Raw and Ripe Papaya (*Carica Papaya L.*). *International Journal of Food Properties*, 17(2): 283–292.

- Aravind, G., Bhowmik, D., Duraivel, S., & Harish, G. (2013). Traditional and Medicinal Uses of *Carica papaya*. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 1(1): 7–15.
- Asghar, N., Ali, S., Naqvi, R., Hussain, Z., Rasool, N., Khan, Z. A., ... Haq, U. (2016). Compositional difference in antioxidant and antibacterial activity of all parts of the *Carica papaya* using different solvents, *Chemistry Central Journal* 10:5-15.
- Ayoola, P. B., & Adeyeye, A. (2010). Phytochemical and Nutrient Evaluation of *Carica Papaya* (Pawpaw) Leaves. *Ijrras*, 5(3): 325–328.
- Azevedo, L. A. & Campagnol, P. C. B. (2014). Papaya seed flour ( *Carica papaya* ) affects the technological and sensory quality of hamburgers. *International Food Research*, 21(6):2141–2145.
- Barragán, H. B., Díaz, T. A. Y., & Laguna, T. A. (2008). Utilización de residuos agroindustriales. *Revista Sistemas Ambientales*, 2(1): 44–50.
- Betine, A., Bender, B., Luvielmo, M. D. M., Loureiro, B. B., Speroni, C. S., Boligon, A. A., ... Penna, N. G. (2016). Obtenção e caracterização de farinha de casca de uva e sua utilização em snack extrusado. *Brazilian Journal of Food Technology*, 1–9.
- Campo Vera, Y., Villada Castillo, D. C., & Meneses Ortega, J. D. (2016). Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*Passiflora edulis*). *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1): 103-109.
- Elgadir, M. A. B. D., Salama, M., & Adam, A. (2014). *Carica papaya* as a source of natural medicine and its utilization in selected pharmaceutical applications. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 6(1): 19–22.
- Ettlinger, M.G. & Hodgkins J. E. (1956) The Mustard Oil of Papaya Seed. *J. Org. Chem.*, 21(2):204–205.
- Everette, B. M. (2003). Carpaine on Alkaloid of *carica papaya*. *Journal of Chemistry and Pharmacology*, 22(5): 281-298.
- FAO. 1997. Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas amazónicas nativas e introducidas. Manual técnico. Gaetano Paltrinieri. Gutiérrez, J. E. B., & Castrillón, C. E. (2007). Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería y Ciencia*, 3(6): 41-62.
- Hilditch, T. P. & Williams, P. N. (1966). The Chemical Constitution of Natural Fats. *Fette, Seifen, Anstrichm.*, 68(12):999-1046.
- Huffman, V.L.; Lee, C.K.; Burns, E.E. (1975). Selected functional properties of sunflower meal (*Helianthus annuus*). *J. Food Sci.* 40:70.
- Krishna, K. L., Paridhavi, M., & Patel, J. A. (2008). Review on nutritional, medicinal and pharmacological properties of papaya (*Carica papaya* linn.). *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 7(4): 364–373.
- Lorient, D. (1979). Covalent bonds formed in proteins during milk sterilization: studies on caseins and casein peptides. *J. Dairy Res.* 46(2):393-396.
- Matthaus, B. & Özcan, M. M. (2012). Chemical evaluation of citrus seeds, an agro-industrial waste, as a new potential source of vegetable oils. *Grasas y aceites*, 63(3): 313–320.
- Milena, S., Montoya, L. J., & Orozco, F. (2008). Valorización de Residuos Agroindustriales – Frutas – en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin*, 61(1): 4422–4431.

- Mohanty, B., Mulvihill, D.M., Fox, P.F. (1988). Emulsifying and foaming properties of caseins and sodium caseinate. *Food Chem.*, 28:17
- Mojica-Henshaw, M. P., & Francisco, A. D. (2003). Possible immunomodulatory actions of *Carica papaya* seed extract. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 29: 219–229.
- Nayak, B. S., Ramdeen, R., Adogwa, A., Ramsubhag, A., & Marshall, J. R. (2012). Wound-healing potential of an ethanol extract of *Carica papaya* (Caricaceae) seeds. *International Wound Journal*, 9(6): 650–655.
- Neuza, J., Da Silva, A. C., & Aranha, C. P. M. (2016). Antioxidant activity of oils extracted from orange (*Citrus sinensis*) seeds. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 88(2): 951–958.
- Nwofia, G. E., Ojimekwe, P., & Eji, C. (2012). Chemical composition of leaves, fruit pulp and seeds in some *Carica papaya* (L) morphotypes. *Int. J. Med. Arom. Plants*, 2(1): 200–206.
- Parni, B., & Verma, Y. (2014). Biochemical properties in peel, pulp and seeds of *Carica papaya*. *Plant Archives*, 14(1): 565–568.
- Pradesh, A., & Pradesh, A. (2013). Evaluation of anti diabetic activity of *Carica papaya* seeds. *Journal of Advanced Scientific Research*, 4(2): 38–41.
- Sancho, S. D. O., Da Silva, A. R. A., Dantas, A. N. D. S., Magalhaes, T. A., Lopes, G. S., Rodrigues, S., ... Silva, M. G. D. V. (2015). Characterization of the industrial residues of seven fruits and prospection of their potential application as food supplements. *Journal of Chemistry*, 2015:1-8.
- Serrat-Díaz, M., Ussemame-Mussagy, C., Camacho-Pozo, I. M., Méndez-Hernández, A. A., Bermúdez-Savón, R. C. (2016). Valorización de residuos agroindustriales ricos en pectinas por fermentación. *Tecnología Química*, 36(1): 5–20.
- Singh, O., & Ali, M. (2011). Phytochemical and Antifungal Profiles of the Seeds of *Carica papaya*. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 447–452.
- Sosulky, F., Humbert, E. S., -Bui, K., Jones, J.D. (1976). Functional properties of rapeseed flours, concentrates and isolates. *J. Food Sci.*, 41:1349.
- Williams DJ, Pun S, Chaliha M, Scheelings P, O'Hare T. (2013). An unusual combination in papaya (*Carica papaya*): The good (glucosinolates) and the bad (cyanogenic glycosides). *J Food Compos Anal*, 2013; 29(1): 82-86.
- Zhou, K., Wang, H., Mei, W., Li, X., Luo, Y., & Dai, H. (2011). Antioxidant activity of papaya seed extracts. *Molecules*, 16(8): 6179–6192.
- Venkatesan, J., Kim, SK. (2010). Chitosan Composites for Bone Tissue Engineering—An Overview. *Mar Drugs* 8(8): 2252–2266.

**[Título en Times New Roman y Negritas No.14]**

Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor

*Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva*

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

**Resumen**

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

**Abstract**

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

**Keyword**

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11**

---

Citación: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Paper. Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

---

---

† Investigador contribuyendo como primer auto

## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

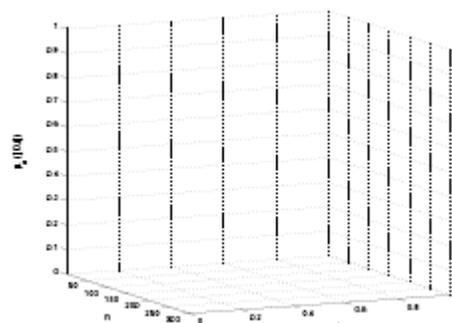
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

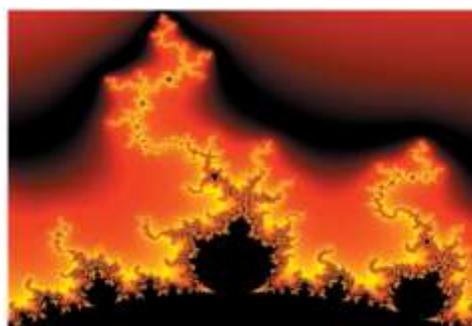
En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]



**Grafico 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

## Instrucciones para autores

---

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

### Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

### Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

### Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

### Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

### Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos las posibilidades de mejora.

### Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

### Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencia.

**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 de la Salud

Análisis de perfil de textura y caracterización de carrageninas para uso en productos cárnicos

**HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, María del Rosario, NAVA-MARTÍNEZ, Modesto y ROJAS-CRUZ, Luis Ernesto**

*Universidad Tecnológica del Sur del Estado de México*

Características antropométricas de jugadores mexicanos universitarios de balonmano por posición de juego

**LÓPEZ-GARCÍA, Ricardo, LAGUNES-CARRASCO, José Omar, CRUZ-CASTRUITA, Rosa María y CARRANZA-GARCÍA, Luis Enrique**

*Universidad Autónoma de Nuevo León*

Desarrollo de un bocadillo bajo en calorías a partir de soya (*Glycine max*)

**REYES-TELLEZ, Carolina, PÉREZ-FERNÁNDEZ, María Susana, VERA-LÓPEZ, Obdulia y NAVARRO-CRUZ, Addí Rhode**

Diseño de una planta a nivel piloto para la obtención de perlas deshidratadas elaboradas a base de un hidrogel de quitosano (patente en trámite)

**CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe, SOTO-ALCOCER, José Luis, GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio y CASTRO-URBINA, David**

*Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, Guanajuato, México*

Estudio de caso clínico en jugador amateur de basquetbol con presencia de puntos gatillo en recto femoral y la aplicación de punción seca en combinación de la modalidad térmica de ultrasonido terapéutico

**GARCIA, Ana, SASIA, Karen y AMARO, Osvaldo**

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

Legalización de la Marihuana en México y su uso terapéutico

**CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe†\*, VARGAS-CABRERA, Leticia, GARCÍA-GARCÍA, Raúl y LEMUS-HERNÁNDEZ-Julio César**

*Universidad Tecnológica de San Juan del Río*

Propiedades funcionales de semillas de papaya (*Carica papaya L.*)

**NAVARRO-CRUZ, Addí, ROJAS-ZENTENO, Eli, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martín y VERA-LÓPEZ, Obdulia**

