

ISSN 2523-6792

Volumen I, Número 4 — Octubre — Diciembre - 2017

Revista de la Invención Técnica

ECORFAN[®]



ECORFAN-Taiwán

Indización

- RESEARCH GATE
- GOOGLE SCHOLAR
- HISPANA
- MENDELEY

ECORFAN-Taiwán

Directorio Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD.

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

Edición Tipográfica

TREJO-RAMOS, Iván. BsC.

Edición de Logística

SERRUDO-GONZALEZ, Javier. BsC.

Revista de la Invención Técnica, Volumen 1, Número 4, de Octubre a Diciembre 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: www.ecorfan.org/taiwan, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN 2523-6792. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre 2017.

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 de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Consejo Editorial

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD
Universidad Industrial de Santander, Colombia

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción, Chile

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD
University of Iowa, U.S.

SOLIS-SOTO, María. PhD
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD
Universidad de Santiago de Compostela, España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD
Université Paris Diderot-Paris, Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Consejo Arbitral

VGPA. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIIG. PhD

Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC

Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD

Universidad Panamericana, México

CAF. PhD

Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC

Universidad Panamericana, México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Invención Técnica.

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

Como primer artículo está *Prótesis MIO-ELECTRICA* por NARVÁEZ-MURILLO, René Ulises, LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando y LÓPEZ-REYES, Fernando Octavio, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, como siguiente artículo está *Caracterización de la calabaza criolla "Cucurbita lundelliana" F-TIR y absorción atómica* por SOSA-MEDINA, Alicia, HERNÁNDEZ-VÉLEZ, Rosa Margarita, ANTONIO-CRUZ, Rocío del C. y ARELLANO-CÁRDENAS, Sofía, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Villahermosa, como siguiente artículo está *Efecto del pH y la temperatura sobre la liberación de la bacteriocina producida por *Pediococcus acidilactici* ITV 26 encapsulada en una matriz de alginato-almidón* por JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés, ESPEJO-BAYONA, Diana Laura y LUGO-DAMIÁN, Hepziba Noemi con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, como siguiente artículo está *Desarrollo de churros a base de soya (*Glycine max*)* por PÉREZ-ARCE, Jessica Mireya, NAVARRO-CRUZ, Addi Rhode, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martín y OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique con adscripción en la Universidad Autónoma de Sinaloa y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla como siguiente artículo está *Sistema embebido didáctico de monitoreo inalámbrico de variables físicas para los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas* por LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando y VILLAREAL-ORTÍZ, Alejandro, como siguiente artículo está *Aslamiento de bacterias benéficas de suelo del Cerro del Culiacán, Guanajuato. Una Área Natural Protegida* por GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela, RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, VELÓZ-GARCÍA, Rafael Alejandro y DÍAZ-PÉREZ, César con adscripción en la Universidad de Guanajuato, como siguiente artículo está *Determinación de la resistencia eléctrica interna de una celda Peltier comercial* por SOBERANES-FLORES, Gonzalo, con adscripción en la Universidad Politécnica del Valle de Évora

Contenido

Artículo	Página
Prótesis MIO-ELECTRICA NARVÁEZ-MURILLO, René Ulises, LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando y LÓPEZ-REYES, Fernando Octavio	1-9
Caracterización de la calabaza criolla “<i>Cucurbita lundelliana</i>” F-TIR y absorción atómica SOSA-MEDINA, Alicia, HERNÁNDEZ-VÉLEZ, Rosa Margarita, ANTONIO-CRUZ, Rocío del C. y ARELLANO-CÁRDENAS, Sofía	10-21
Efecto del pH y la temperatura sobre la liberación de la bacteriocina producida por <i>Pediococcus acidilactici</i> ITV 26 encapsulada en una matriz de alginato-almidón JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés, ESPEJO-BAYONA, Diana Laura y LUGO-DAMIÁN, Hepziba Noemi	22-30
Desarrollo de churros a base de soya (<i>Glycine max</i>) PÉREZ-ARCE, Jessica Mireya, NAVARRO-CRUZ, Addi Rhode, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martín y OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique	31-38
Sistema embebido didáctico de monitoreo inalámbrico de variables físicas para los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando y VILLAREAL-ORTÍZ, Alejandro	39-46
Aslamiento de bacterias benéficas de suelo del Cerro del Culiacán, Guanajuato. Una Área Natural Protegida GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela, RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, VELÓZ-GARCÍA, Rafael Alejandro y DÍAZ-PÉREZ, César	47-55
Determinación de la resistencia eléctrica interna de una celda Peltier comercial SOBERANES-FLORES, Gonzalo	56-62

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Prótesis MIO-ELECTRICA

NARVÁEZ-MURILLO, René Ulises*†, LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando y LÓPEZ-REYES, Fernando Octavio

Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes. Av. Universidad #1001, La Estación Rincón, El Potrero, 20400 Rincón de Romos, Ags

Recibido 2 de Octubre, 2017; Aceptado 8 de Diciembre, 2017

Resumen

Este proyecto se enfoca en ayudar a una persona a poder realizar sus actividades sin ningún tipo de problema, emulando lo que realizaba una mano humana. La mano humana se constituye en las prótesis como un miembro superior que utiliza un humano para realizar sus actividades. La finalidad principal de la prótesis, consiste, en restaurar la funcionalidad perdida, por causa de la amputación o de la malformación congénita. Y estas situaciones han acompañado al hombre a través de los tiempos. Es por eso que se busca el desarrollo y diseño de una prótesis mecánica, del miembro superior del antebrazo, y pueda realizar sus actividades diarias. Además se busca que esta prótesis se adapte a las condiciones técnicas, económicas y culturales de la sociedad mexicana. Tome en cuenta que esta prótesis en un futuro puede ser accionada por agentes energéticos, o mecánicos así como hidráulicos, asociados a las funciones corporales del individuo en cuestión.

Pótesis, restaurar, funciones motrices

Abstract

This project focuses on helping a person to perform their activities without any problem, emulating what a human hand made. The human hand is constituted in the prosthesis as a superior member that uses a human to carry out its activities. The main purpose of the prosthesis consists in restoring the functionality lost, because of the amputation or congenital malformation. And these situations have accompanied man through the ages. That is why we seek the development and design of a mechanical prosthesis, the upper limb of the antebellum, and can perform their daily activities. In addition, it is sought that this prosthesis adapts to the technical, economic and cultural conditions of Mexican society. Take into account that this prosthesis in the future can be driven by energy agents, or mechanical as well as hydraulic, associated with the bodily functions of the individual in question.

Reconstruction, restoration, motor functions

Citación: NARVÁEZ-MURILLO, René Ulises, LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando y LÓPEZ-REYES, Fernando Octavio. Prótesis MIO-ELECTRICA. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-4:1-9

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: rene.narvaez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, Desarrolla una prótesis mio-electrica con el uso de la tecnología de impresión 3d para apoyo a personas con discapacidad. Este proyecto se enfoca en apoyar las funciones de la ciencia médica para poder recuperar las funciones motrices de los miembros de las personas que los han perdido, en este caso se enfoca en las partes del antebrazo como lo es una mano.

Justificación

Desarrollar una prótesis mio-electrica con el uso de la tecnología de impresión 3d para apoyo a personas con discapacidad.

Focalización: Este proyecto se enfoca en apoyar las funciones de la ciencia médica para poder recuperar las funciones motrices de los miembros de las personas que los han perdido, en este caso se enfoca en las partes del antebrazo como lo es una mano.

Elección de sujetos /objetos de estudio: Este proyecto se enfoca en ayudar a una persona a poder realizar sus actividades sin ningún tipo de problema, emulando lo que realizaba una mano humana.

Problema

El problema es que en la actualidad es muy grande el número de personas que requieren de prótesis para sustitución de las partes perdidas, y no tienen el dinero o los recursos para poder adquirir una prótesis biónica, que permita solucionar sus problemas.

Se busca desarrollar estas prótesis con tecnología de recurso común, y poder satisfacer las necesidades de los usuarios.

Naturaleza del proyecto.

¿como aplicar la prótesis al cuerpo?

La prótesis se enfoca específicamente a la sustitución de la mano de una persona, ya sea amputación o nacimiento congénito.

El método más común es por succión, aunque en el caso de la mano, tiene que ser sujeta para arneses que permitan fijar la prótesis a la piel y al antebrazo. Además de tener unos tendones artificiales conectados a unos impulsores de materiales, ya sea eléctricos o hidráulicos para su uso mejor.

En esta situación la prótesis debe adaptarse al cuerpo, y el usuario debe realizar tareas de adaptación y costumbre de la prótesis para poder tener una simbiosis natural con el aparato en cuestión.

Hipótesis

Se busca el desarrollo y diseño de una prótesis mecánica, del miembro superior del antebrazo, y pueda realizar sus actividades diarias.

Además se busca que esta prótesis se adapte a las condiciones técnicas, económicas y culturales de la sociedad mexicana.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una prótesis mio-electrica con el uso de la tecnología de impresión 3d para apoyo a personas con discapacidad.

Objetivos específicos

- La finalidad principal de la prótesis, consiste, en restaurar la funcionalidad perdida, por causa de la amputación o de la malformación congénita.
- Y estas situaciones han acompañado al hombre a través de los tiempos.

- Es por eso que se busca el desarrollo y diseño de una prótesis mecánica, del miembro superior del ante brazo, y pueda realizar sus actividades diarias.
- Además se busca que esta prótesis se adapte a las condiciones técnicas, económicas y culturales de la sociedad mexicana.

Marco Teórico

El agarre humano posee una sorprendente flexibilidad e incomparable destreza, tal que ha llamado la atención de muchos investigadores, (RiichiroTadakuma, 1990.) . El estudio del agarre humano como modelo ha llevado a la construcción de innovadores pero costosos prototipos de dedos, para ser utilizados como partes funcionales de robots antropomórficos. Ejemplos de referencia pueden ser la manos del Instituto Politécnico de Setúbal, Institute of Robotics and Mechatronics German Aerospace Center” (Ulrich Hillenbrand), La Universidad de Karlsruhe (T. Asfour y R. Dillman, oct, 1998), (Oliver Kerpa, 1998), DLR Hand, Robonaut hand de la Nasa (T. Asfour y R. Dillman, oct, 1998), Los cuales se pueden observar en las siguientes figuras.

La mayoría de los prototipos disponibles tienen un número alto de GDL, un control complejo y por tanto un alto costo.

En este trabajo de investigación se trata del diseño de un prototipo de mano pues tiene el tamaño similar al de una mano humana y el cual utiliza el menor número de actuadores, además de ser económico y de funcionamiento sencillo.

La Universidad de Karlsruhe, desarrolló un brazo robot antropomórfico llamado brazo-FZI. El diseño se basó en la observación de los rangos de movimiento del brazo humano. El mecanismo consta de siete GDL: tres en el hombro, dos en el codo y dos en la muñeca.

Lo novedoso de este brazo fue la utilización de motores ultrasónicos de alto par en la parte del hombro y de la muñeca (Pedreño J.L.).

Las ventajas son que tiene tamaño pequeño, peso ligero (aproximadamente 20 kg.) y alto par a baja velocidad; trabaja a una velocidad de 80°/s. La carga máxima que puede sostener en su efector final es de 4 kg. Imagen 1



Figura 1 Robot basado en los rangos de movimiento del brazo humano.

École Polytechnique Fédérale de Lausanne, diseñó un brazo mecánico de cinco grados de libertad imagen 2. El proyecto se desarrolló con la meta de hacer un juguete educativo para los niños normales o discapacitados. Este proyecto se basa en la comunicación y el entrenamiento por la vista y los gestos.



Figura 2 Robot con 5 GDL.

- Definición de conceptos

Marco conceptual

El aparato locomotor permite al ser humano o a los animales en general interactuar con el medio que le rodea mediante el movimiento o locomoción. Éste agrupa una serie de estructuras, órganos y sistemas; concretamente los huesos, las articulaciones y los músculos, cuya función es brindar soporte, protección al organismo y posibilitar sus desplazamientos imagen 3 y 4.

El aparato locomotor funciona como un conjunto complejo de palancas en el que los músculos aportan la fuerza, las articulaciones hacen las veces de punto de apoyo y los huesos se comportan como segmentos móviles. La coordinación en las posiciones que adoptan y los movimientos que describen los huesos, articulaciones y músculos; es posible gracias a la presencia de una amplia red de nervios que llevan y traen información, hacia y desde, el sistema nervioso central.

A continuación se presentan un compendio de información entorno a los músculos biológicos y neumáticos, la cual ha dado la pauta para la realización de este trabajo. La mano del hombre es una excelente herramienta, posee una gran flexibilidad y destreza, lo cual le permite realizar innumerables acciones gracias a su función esencial: la presión. Posee un sin número de funcionalidades que le otorgan múltiples acciones, posiciones y movimientos, todo esto se debe particularmente por el dedo pulgar, el cual puede oponerse al resto de los dedos. En la naturaleza se encuentra diversos animales con la facultad de presión en sus manos, pero sin el grado de perfección que ha alcanzado el ser humano. En los simios el pulgar es oponible, pero no alcanza la amplitud del pulgar humano.

El dedo pulgar está fijo por debajo de los otros dedos, lo cual permite que se pueda realizar los movimientos de cierre y rotación, debido a la gran movilidad de su metacarpo esto permite variar la orientación del plano en que se desarrolla su movimiento de doblado y extensión del dedo pulgar, propiedades que permiten oponer el dedo pulgar a los otros dedos, a lo que se le llama abducción al movimiento de salida del dedo del eje del brazo.

En 1919 Schlesinger desarrolló una clasificación de la taxonomía para el estudio de la destreza de las manos humanas. Agrupó en seis categorías de agarre de la mano humana: agarre cilíndrico, de punta, de gancho, de palma (Palmar), esférico y de lado (Lateral)², como se muestra en la siguiente figura:

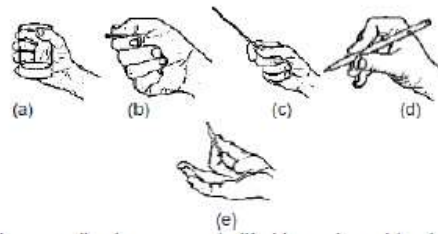


Figura 3 modelos prensiles humanos, a) cilíndrica palmar, b) subterminolateral, c) centralizado, d) tridigital, e) posición subterminal.



Figura 4 Formas básicas de prensión de la mano

Anatomía de la mano humana

La base estructural de la mano imagen 5 , está conformada por un complejo y altamente interrelacionado sistema de huesos, ligamentos, poleas, tendones flexores y extensores extrínsecos, músculos intrínsecos con sus respectivos tendones, nervios y vasos. Sin embargo, la mano no solo es un órgano de ejecución, también es un receptor sensorial extremadamente sensible y preciso.



Figura 5 Mano humana -Músculos extrínsecos e intrínsecos, vista palmar [14]

Arquitectura de la mano

La forma de la mano se puede adaptar de diversas formas dependiendo del objeto que tome contacto con ella, sobre una superficie plana, la mano se extiende y se aplanar por la eminencia tenar, la eminencia hipotenar, la cabeza de los metacarpianos y la cara palmar de las falanges.

La amplitud de la flexión en las articulaciones interfalángicas aumenta del segundo al quinto dedo, para alcanzar hasta 135° a nivel del meñique. La amplitud de flexión en las articulaciones interfalángicas distales es ligeramente inferior a 90°.

La amplitud de la extensión activa en las articulaciones interfalángicas es nula en las articulaciones proximales y nulas o muy débiles en las articulaciones distales.

Modelo mecanico

Para poder determinar un buen modelo matemático es necesario tomar seis sistemas cartesianos de referencia imagen 5. Estos sistemas se usan para definir la posición y orientación de los tendones y también se pueden utilizar para describir la configuración de las articulaciones.

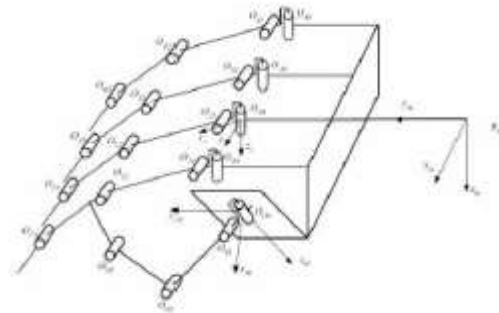


Figura 6 Modelo Biomecánico de una mano humana

El eje Y se proyecta a lo largo del eje de las falanges y del metacarpiano, pasando desde el centro de rotación al centro de la superficie cóncava articular en el extremo proximal. El eje X se proyecta dorsalmente, y el eje Z se proyecta hacia el cuerpo.

Por medio de este sistema de referencia se puede determinar la posición de los dedos en un espacio de tres dimensiones. Cada par de puntos se expresa con respecto a los sistemas de referencia distal y proximal de cada articulación. Se supone que los tendones se contraen permaneciendo constantes con respecto a los sistemas de coordenadas distal y proximal.

X_d , Y_d , Z_d son las coordenadas de un punto respecto al sistema distal.

X_p , Y_p , Z_p son las coordenadas de un punto respecto al sistema proximal.

X_o , Y_o , Z_o son las coordenadas del origen del sistema proximal expresada en el sistema distal.

Metodología de Investigación

El problema es que en la actualidad es muy grande el número de personas que requieren de prótesis para sustitución de las partes perdidas, y no tienen el dinero o los recursos para poder adquirir una prótesis biónica, que permita solucionar sus problemas.

Se busca desarrollar estas prótesis con tecnología de recurso común, y poder satisfacer las necesidades de los usuarios.

Naturaleza del proyecto. ¿Cómo aplicar la prótesis al cuerpo? La prótesis se enfoca en la sustitución de la mano de una persona, ya sea amputación o nacimiento congénito.

- Herramientas metodológicas/
Procedimientos

El método más común es por succión, aunque en el caso de la mano, tiene que ser sujeta para arneses que permitan fijar la prótesis a la piel y al antebrazo. Además de tener unos tendones artificiales conectados a unos impulsores de materiales, ya sea eléctricos o hidráulicos para su uso mejor.

En esta situación la prótesis debe adaptarse al cuerpo, y el usuario debe realizar tareas de adaptación y costumbre de la prótesis para poder tener una simbiosis natural con el aparato en cuestión.

¿cuanto dura una prótesis según su uso? Según el uso que se le de, y la edad del usuario puede durar en promedio desde meses hasta años,

Si la prótesis está ajustada a las necesidades del cuerpo, se ajusta y es cómoda para el usuario, y no abusa de su uso, puede durar hasta un promedio de 3 años.

¿cómo se realiza el proceso de usar y adaptarse a usar una prótesis? Se requiere tiempo, esfuerzo, fuerza, paciencia, para poder hacer uso de la prótesis.

¿cuánto tiempo se tarda en realizar la prótesis? Cuando se tiene la información necesaria y la tecnología, se puede diseñar una prótesis en aproximadamente 10 días, y la impresión se tarda aproximadamente 20 días, entre impresión, limpieza, armado y pruebas. La prótesis no debe ser expuesta a temperaturas superiores a los 55 grados centígrados. Esto debido a que el polímero usado no puede estar a altas temperaturas.

¿Qué puedo hacer con la prótesis? Realizar tareas cotidianas, como en el hogar, trabajo, y en el auto.

Problema social a resolver

- El acceso de la comunidad social a las prótesis por los altos costos que esta implica.
- Hacer en un futuro el uso de bambú para sustituir el polímero.
- Descripción de los factores de innovación del proyecto.
- Aunque las prótesis en el mercado laboral tienen años, es muy poco lo que se ha investigado para poder realizar las prótesis accesibles, esto porque una prótesis común de materiales puros, cuesta alrededor de 700,000 pesos.

- Esta prótesis en el mercado social tendrá un costo aproximado de 45,000 pesos. Con lo cual un sector de la población asociado a las personas discapacitadas, podrá tener acceso a esta tecnología.

Cronograma de actividades

Proceso de elaboración en base a tiempos se muestra en la tabla 1 .

Días /Tareas	10	12	21	23	35
Diseño	-				
Impresión		-			
Armado			-		
Pruebas				-	
Implementar Tendones					-
Pruebas de Funcionalidad en comunicación					-
Implementación					-

Tabla 1

Resultados

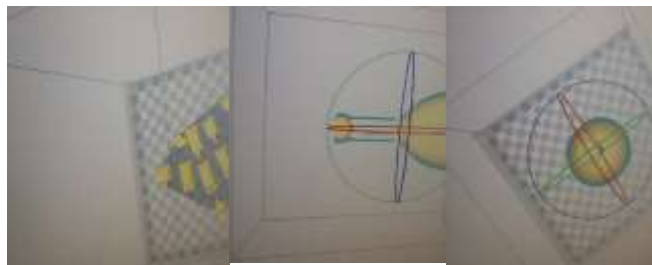


Imagen 6

Imagen 7

Imagen 8

Figura 7 Diseño de los elementos que conforman las partes de la prótesis imagen 6,7,8

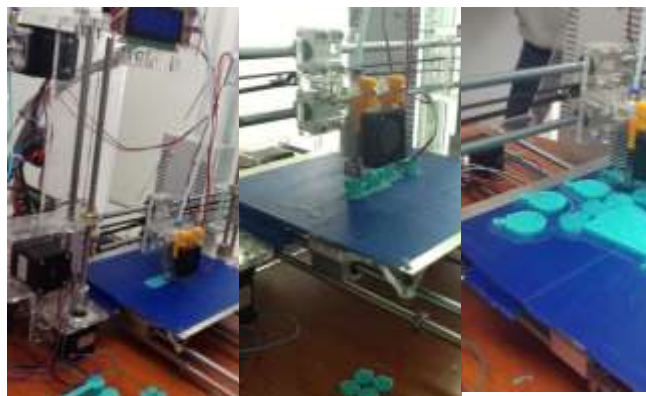


Imagen 9

Imagen 10

Imagen 11

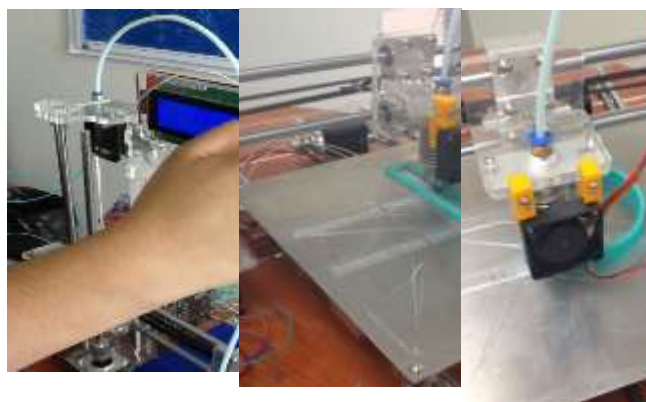


Imagen 12

Imagen13

Imagen 14

Figura 8 Impresión de los elementos que conforman las partes de la prótesis imagen 9 a la 14

Armado de los elementos que conforman las partes de la prótesis imagen



Imagen 15

Imagen16

Imagen 17



Imagen 18

Imagen19

Imagen 20

Figura 9

Implementar Tendones imagen 21



Imagen 21

Figura 10 Pruebas de Funcionalidad en comunicación e Implementación de la prótesis imagen 22,23.



Imagen 22

Imagen 23

Figura 11

Conclusiones

Se desarrolló un prototipo para prótesis del antebrazo y mano con tecnología de bajo costo, de uso común, y poder satisfacer las necesidades de las personas con pérdida de miembros como lo son el brazo y la mano.

Se comienza la investigación a fondo de la naturaleza de los problemas de discapacidad así como aplicar la prótesis al cuerpo.

Referencias

Oliver Kerpa, D. O. (1998). *University of Karlsruhe, Germany, „Arm-Hand-Control by Tactile Sensing for Human Robot Co-operation“*. London.

Pedreño J.L., G. A. (s.f.). *Estudio de los sensores táctiles artificiales aplicados a la robótica de agarre*. España. .

Riichiro Tadakuma, I. K. (1990). *„Mechanism of an Anthropomorphic 7-DOF Slave Arm for Telexistence., Proc. Int'l Workshop on Intelligent Robots and Systems (IROS'90), pp. 343-348.*

T. Asfour y R. Dillman, I. F. (oct, 1998). *La Universidadde Karlsruhe „Design and Control Architecture of an Anthropomorphic Robot Arm“. The 1st intern.Workshop on Humanoid Robots and Human Friendly Robots. (IARP"98), . Japan.*

Ulrich Hillenbrand, B. B. (s.f.). *Institute of Robotics and Mechatronics German Aerospace Center. „TheRobutler: a Vision- Controlled Hand-Arm System for Manipulating Bottles and Glasses .*

Caracterización de la calabaza criolla “*Cucurbita lundelliana*” F-TIR y absorción atómica

SOSA-MEDINA, Alicia†, HERNÁNDEZ-VÉLEZ, Rosa Margarita, ANTONIO-CRUZ, Rocío del C. y ARELLANO-CÁRDENAS, Sofía

Instituto Tecnológico de Villahermosa. Km. 3.5, Carretera Villahermosa-Frontera, Ciudad Industrial, 86010 Villahermosa, Tab

Recibido 3 de Octubre, 2017; Aceptado 2 de Diciembre, 2017

Resumen

El consumo excesivo de harinas puede ocasionar trastornos como desnutrición y obesidad. El objetivo de este proyecto fue caracterizar la harina obtenida a partir de la calabaza “*Cucurbita lundelliana*”, especie que se produce en el Estado de Tabasco. El fruto para la elaboración de la harina se adquirió en los distintos mercados de la Ciudad de Villahermosa, se adquirieron frutos de 1 y 6 meses de corte, los cuales se procesaron hasta la obtención de harina. Posteriormente se caracterizó la harina proveniente de pulpa, semilla y cáscara mediante la técnica de espectroscopía infrarroja. La determinación de minerales se realizó por absorción de flama. Los resultados obtenidos del análisis de espectroscopia infrarroja demostraron la presencia de grupos funcionales como sales de ácido carboxílico di o polihidroxilados en la pulpa. En la semilla sobresalen las cadenas alifáticas de éster posiblemente insaturada, grupos amino y ácidos carboxílicos unidos a éster o cetonas. En la cáscara se detectaron grupos hidroxilo y amino, grupos alquilo y ésteres o cetonas. El contenido de minerales fue de: hierro 167, calcio 1814.5, magnesio 2105.16, zinc 29.83, sodio 1841.5 y potasio 55361.16 en mg/kg. No se apreciaron diferencias de grupos funcionales al variar al grado de madurez del fruto.

Lodos residuales, estabilizadores, drenado, polímeros

Abstract

Flours are the main basis of various food products, however the excessive consumption of these can cause disorders such as malnutrition and obesity. The objective of this project is to elaborate and to know the nutritional content of flour obtained from the pumpkin “*Cucurbita lundelliana*”, which is produced in the state of Tabasco. The fruit for the flour preparation was acquired in the different markets in the City of Villahermosa. For its preparation, fruits of 1 and 6 months cut were used, which were cut, separated and subjected to the drying and milling process. Subsequently the flour from the different components of the fruit (pulp, seed and husk) were characterized by the technique of infrared spectroscopy. Mineral determination was performed by flame absorption. Proximal analyzes were performed to know the nutritional content of the flour and microbiological analysis to determine the safety of the product, following the guidelines of the corresponding Mexican regulations. The results obtained from the infrared spectroscopy analysis showed the presence of functional groups such as di- or polyhydroxylated carboxylic acid salts in the pulp. In the seed the aliphatic chains of possibly unsaturated ester, amino groups and carboxylic acids attached to ester or ketones protrude. Hydroxy and amino groups, alkyl groups and esters or ketones were detected in the shell. There were no differences in functional groups as they varied to the degree of maturity of the fruit. The mineral content was: iron 167, calcium 1814.5, magnesium 2105.16, zinc 29.83, sodium 1841.5 and potassium 55361.16 in mg / kg

Cucurbita lundelliana, FTIR, Atomic absorption

Citación: SOSA-MEDINA, Alicia, HERNÁNDEZ-VÉLEZ, Rosa Margarita, ANTONIO-CRUZ, Rocío del C. y ARELLANO-CÁRDENAS, Sofía . Caracterización de la calabaza criolla “*Cucurbita lundelliana*” F-TIR y absorción atómica. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-4:10-21

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La calabaza es una fuente útil de muchos nutrientes esenciales para los seres humanos por su alto contenido en proteínas, ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico y minerales, representa además una buena fuente de fibras solubles que ofrecen valor de saciedad (FAO, 2011).

Glew *et al.*, 2006 demuestran que la calabaza tiene un alto contenido proteico, ácidos grasos, minerales y betacarotenos precursores de la vitamina A, fibra soluble y propiedades antioxidantes requeridos en la dieta de los seres humanos. Así mismo Rodríguez *et al.*, 2012 determinaron las propiedades funcionales en la semilla de la calabaza *Cucúrbita pepo* y muestran que por su alto contenido proteico y aceites, representan una potencial alternativa en la industria alimentaria.

Existen datos sobre la composición mineral de carboxilpolisacarido de la pared celular de la calabaza, que muestran que la biopectina tiene un alto contenido de minerales principalmente calcio y magnesio, sodio, potasio, fierro, plomo y cobre entre otros minerales (Kamnev *et al.*, 1997).

Rodríguez *et al.*, 2006 realizaron estudios analíticos y de preformulación de un sólido pulverulento obtenido a partir de las semillas de *Cucurbita moschata* Duch en donde demuestra que el ingrediente activo obtenido presenta propiedades físicas, químicas y tecnológicas que permiten su utilización en la elaboración de formas farmacéuticas con acción antihelmíntica.

Así mismo Lucas *et al.*, 2015 reportaron que la almendra de la calabaza hedionda (*Apodanthera undulata*), tiene una alta concentración de grasa y proteína mayor al 75%, el cual presenta una buena disponibilidad, la digestibilidad in vitro fue mayor al 70%. También encontraron que los factores tóxicos naturales analizados como ácido fítico, no representan ningún riesgo ya que se encuentra debajo del nivel de 2% en peso de la semilla y dentro del rango que tienen los cereales y leguminas convencionales. Los inhibidores de tripsina se encuentran en cantidades menores a los permitidos (10 UTI/mg); las saponinas tampoco representan ningún problema de toxicidad encontrándose por debajo del límite con el método aplicado. El índice de yodo indicó que tanto la grasa cruda, como el aceite refinado se encuentran dentro del grupo “oleico-linoleico”, lo anterior indica que se podría usar con fines comestibles.

Ekpedeme *et al.*, 1999, encontraron que la mayor cantidad de minerales esenciales como fierro, calcio, magnesio, zinc, fósforo, sodio, potasio y cobre, al igual que antinutrientes como oxalatos, cianuros, taninos y filatos se incrementaban sustancialmente en harinas elaboradas con semillas de calabaza buido (*Telfairia occidentalis*) de edad de 8 a 32 semanas. Así mismo al disminuir la humedad incrementando la madurez en las semillas, la proteína cruda se mantuvo en el mismo valor, la grasa incrementó significativamente, la fibra cruda incremento ligeramente y los carbohidratos disminuyeron significativamente.

Por su parte Ponka *et al.*, 2015 determinaron el contenido de proteínas, minerales y aminoácidos en diferentes platillos tradicionales del norte de Camerún preparados a base de calabaza *Cucurbita máxima* Duch, encontrando importantes aportaciones en minerales como K (1290-2753 mg/100 g), Ca (150-60.3 mg/100 g), Mg (80.4-131.9 mg/100 g), Fe (4.3- 8.5 mg/100 g), así como proteínas (2.2 a 5.1 %). aminoácidos esenciales (138.2 a 278.2 mg/g de proteína), y aminoácidos no esenciales (455.8 a 500.5 mg/g de proteína).

Saucedo *et al.*, en 2011, caracterizaron los aceites de semilla de calabaza de las especies *máxima*, *peppo* y *moschata* por medio reflexión atenuada y espectroscopía infrarroja identificando 23 grupos funcionales en un rango de 3016 a 639 cm⁻¹ así como su modelo de vibración y su frecuencia nominal.

México es uno de los principales productores de calabaza a nivel mundial. En el sureste mexicano predomina la variedad *Cucurbita lundelliana* que se cultiva principalmente en los Estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

En este trabajo se realiza la caracterización de la especie "*Cucurbita lundelliana*" que se produce en Tabasco, la cual puede representar una buena alternativa nutricional para consumo humano, que permitirá a su vez incrementar la economía de los productores del estado dándole un valor agregado a este fruto.

Justificación

El sobrepeso y la obesidad se han convertido en uno de los factores de riesgo de salud pública más importante en México, en donde el consumo energético promedio es de 3145 kilocalorías por persona al día, uno de los índices más elevados del mundo.

En noviembre de 2016 la Secretaría de Salud emitió la declaratoria de emergencia sanitaria por una enfermedad no infecciosa, la obesidad y diabetes debido a que el 71.2% de la población sufre de sobrepeso y el 9.2% padece diabetes (Proceso, 2016).

Otro de los problemas importantes de salud de la población es la elevada prevalencia de anemia que es cuatro veces mayor a la encontrada en la población mexicana que vive en Estados Unidos de América, la cual es comparable a la de países africanos que sufren condiciones de pobreza y marginación mayores a las de México. El incremento de la prevalencia de anemia conforme aumenta la edad se puede vincular con dietas insuficientes en micronutrientes, y en el deterioro de la capacidad para absorber hierro, folato y vitamina B12 (Shamah *et al.*, 2008).

En 2012 en México el 23.3 % de niños entre 1 y 4 años, así como el 7.7% de mujeres adolescentes y el 3.6% hombres padecían anemia. Por lo cual se recomienda ampliar la distribución y consumo de micronutrientes en niños y mujeres así como incentivar la ingesta de alimentos ricos en hierro (De la Cruz, *et al.*, 2013).

Por lo que en la actualidad se vislumbra la necesidad cada vez más apremiante por consumir alimentos que además de su función nutritiva básica aporten propiedades fisiológicas beneficiosas y reduzcan el riesgo de contraer enfermedades crónicas. La dieta normal de ingredientes naturales que aporten beneficios para lograr una ingesta diaria suficiente de proteínas, minerales, ácidos grasos y vitaminas puede mejorar la salud de la población.

Objetivos

Objetivo General

Caracterizar la harina integral de calabaza criolla "*Cucurbita lundelliana*" por espectroscopía infrarroja y espectroscopía de absorción atómica.

Objetivos específicos

- Caracterizar la harina integral de calabaza "*Cucurbita lundelliana*" y de cada uno de sus componentes (pulpa, semilla y cáscara) mediante espectroscopía IR
- Caracterizar la harina integral de calabaza "*Cucurbita lundelliana*" y de cada uno de sus componentes (pulpa, semilla y cáscara) mediante absorción atómica.

Marco Teórico

Fundamentos para la caracterización FTIR

La espectroscopía infrarroja es la rama de la espectroscopía que trata con la parte infrarroja del espectro electromagnético. Esta comprende un conjunto de técnicas, siendo la más común la forma de espectroscopía de absorción, la cual puede usarse para identificar y cuantificar el componente de una muestra. La espectroscopía infrarroja es una de las técnicas más versátiles y de mayor aplicación. Se aplica en la caracterización de polímeros, sólidos orgánicos, productos farmacéuticos y de síntesis, análisis de contaminantes, en agricultura y reacciones catalíticas, entre otras (Piña, 2012).

El espectro IR de una molécula, se obtiene como resultado de medir la intensidad de radiación exterior absorbida, para cada longitud de onda, que hace posible la transición entre dos niveles de energía vibracional diferentes.

Cada una de estas absorciones características de energía corresponde con un movimiento vibracional de los átomos en la molécula. El espectro IR se extiende desde 10 a 14300 cm^{-1} .

La región infrarroja se puede dividir en tres regiones: infrarrojo cercano con una longitud de onda de 700-2500 nm y 14300-4000 cm^{-1} ; el infrarrojo medio con longitud de onda de 2500- 5x10⁴ nm y 4000 – 600 cm^{-1}) y finalmente el infrarrojo lejano con longitud de onda de 5x10⁴ – 10⁶ nm y 600 a 10 cm^{-1} (Piña, 2012).

El infrarrojo medio revela la estructura de un compuesto mostrando los grupos funcionales presentes en la molécula. Un grupo particular de átomos da como resultado algunas bandas de absorción características, es decir, el grupo funcional absorbe radiación a ciertas frecuencias las cuales son muy distintas de un compuesto a otro (Morrison y Boyd, 1992).

Fundamentos para la caracterización por absorción atómica

Los metales que se encuentran presentes en las aguas y por lo tanto también en los alimentos que consume el ser humano tienen un efecto sobre su salud, pueden ir desde el intervalo de benéficos, causantes de problemas e incluso hasta tóxicos, esto es dependiendo de su concentración, por lo que su cuantificación es importante. Algunos metales son esenciales, otros pueden afectar adversamente a los consumidores. Para su determinación se utiliza la espectrofotometría que es la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda (NMX-AA-051-SCFI-2001).

El método de absorción atómica se basa en hacer pasar un haz de luz monocromática de una frecuencia tal que puede ser absorbido por el analito que se encuentra presente en forma de vapor atómico.

La medida de la intensidad luminosa antes y después de su paso por el vapor atómico permite determinar el porcentaje de absorción. La cantidad de absorción aumenta con la concentración de los átomos en el medio absorbente, es decir, la medida de la absorción aumenta con la concentración del elemento en la muestra, ya sea que esté en su condición original o sujeta a pretratamiento (NOM-247-SSA1-2008).

Metodología de Investigación

Este trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación I, el Laboratorio de Bioprocesos y el Laboratorio de Microbiología del Instituto Tecnológico de Villahermosa y con el apoyo del Laboratorio de Biofísica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Para la elaboración de la harina de calabaza se utilizó la especie "*Cucurbita lundelliana*" predominante en el Estado de Tabasco, la materia prima seleccionada fueron frutos de 1 y 6 meses de corte (ver fig. 1) adquiridos en los principales mercados de la Ciudad de Villahermosa en los meses de enero a mayo de 2017.

Para la selección de la materia prima se tomó en cuenta que los frutos no presentaran defectos en la superficie de la cáscara. Para el lavado y desinfección de las calabazas se utilizó agua a presión y jabón líquido, frotando con cepillo de plástico y fibra para eliminar la suciedad. Posteriormente se enjuagaron con agua clorada a 100 ppm. El fruto se secó con franelas limpias y secas. Se realizaron cortes radiales de 1 cm de espesor. Se separaron los componentes, pulpa, semilla y cáscara tomando en cuenta que la semilla no fuera cortada ni separada de su endospermo. Se distribuyeron en charolas de acero inoxidable dentro de un horno convectivo a gas Modelo GEIT31-96 de capacidad de 1.5 m³ equipado con tres quemadores, ventilador, extractor y termostato.

Se empleó un tiempo de secado de 24 horas para la semilla, 30 horas para la cáscara y 36 horas para la pulpa a una temperatura de 54 a 60 °C, para obtener una humedad aproximada del 8 %. Cabe mencionar que las rejillas se fueron rotando de posición cada 8 horas para considerar homogéneas las condiciones de secado dentro del horno. Una vez seco el producto, se procedió a la molienda utilizando un molino de alta potencia Marca Nutribullet, durante 3-4 minutos por lote. La cáscara y la pulpa fueron sometidas a una segunda molienda. Este producto se pasó por un tamiz estándar Taylor número 14 para la obtención de harina tipo sémola con un tamaño de 1.15 mm, para obtener partículas homogéneas, en el caso de la cáscara se procedió a una segunda molienda para obtener partículas más pequeñas y homogéneas. Las muestras se envasaron en bolsas de plástico selladas herméticamente y se almacenaron en un desecador a temperatura ambiente para su caracterización.

Metodología de caracterización de la harina (FT- IR)

Para la caracterización de la harina por medio de espectroscopía infrarroja (FT-IR) se contó con el apoyo del Laboratorio Central de instrumentación de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Los análisis de espectroscopia infrarroja se realizaron utilizando el equipo Perkin Elmer FT-IR Spectrometer SPECTRUM 2000 en infrarrojo medio de 4000 a 400 cm⁻¹ y en rango de longitud de onda de 2500 a 5 x 10⁴ nm. Para realizar la caracterización de la harina elaborada a partir de la cáscara y la pulpa del fruto se utilizaron pastillas de dicromato de potasio con aproximadamente 100 mg de la muestra sólida, las cuales se secaron a 65 °C durante 24 horas para eliminar el exceso de humedad.

Posteriormente se pesaron 10 mg para cada una de las muestras y se añadieron 10 mg de KBr, ésta mezcla se trituroó en un micro mortero de mármol y se compactó a presión en un dado de acero inoxidable para formar una delgada pastilla traslucida de muestra soportada por KBr, se verificó visualmente que la pastilla formada fuera homogénea y permitiera el paso de la luz visible. La muestra así preparada se introdujo en el equipo para efectuar las lecturas de las frecuencias nominales encontradas. En el caso de la semilla debido a la gran cantidad de aceites presentes en esta parte del fruto, se desarrolló y probó un método de película con dos solventes diferentes diclorometano y hexano siguiendo el procedimiento descrito anteriormente. Para lo cual se sometieron a secado 50 mg de muestra a 65 °C durante 24 horas, para los análisis de los cuales se tomaron 10 mg de muestra de harina de semilla que se disolvieron en 500 ml disolvente con una pipeta automática Marca Eppendorf (ver figura 9a), y se agitaron en un agitador Vortex (Genie 2) por 10 segundos. Las muestras se pasaron a microtubos Eppendorf con tapa se centrifugó por 5 minutos a 800 rpm en una microcentrifuga (Thermo Scientific). Del sobrenante obtenido se colocó una muestra de 0.1 ml aproximadamente en un prisma de cuarzo el cual se introdujo en el espectrofotómetro para proceder a la lectura de frecuencias nominales.

Metodología de caracterización de minerales (absorción atómica)

De igual manera para la determinación de minerales se contó con el apoyo del Laboratorio Central de instrumentación de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Para la determinación de Hierro, Sodio, Calcio, Potasio, Magnesio y Zinc se siguió el método de absorción por flama descritos en la NMX-AA-051-SCFI-2001, utilizándose el equipo Perkin Elmer FT-IAB Spectrometer SPECTRUM 2000



Figura 1 Calabaza de 1 y 6 meses de corte

Fuente: A. Sosa, 1996.

Resultados

Los resultados obtenidos con espectroscopía infrarroja mostraron la presencia de grupos funcionales tales como sales de ácido carboxílico di o polihidroxilados en la pulpa, en la semilla se presentan cadenas alifáticas de éster posiblemente insaturadas, grupos amino y ácidos carboxílicos unidos a éster o cetonas y en la cáscara predominan los grupos hidroxilo y amino así como grupos alquilo y ésteres o cetonas. No se apreciaron diferencias de grupos funcionales al variar al grado de madurez. Estos resultados son similares a los reportados por Hernández *et al.*, en el 2011 al estudiar el aceite de semilla de calabaza por reflexión atenuada y espectroscopía infrarroja.

Al comparar los resultados de la cáscara de uno y seis meses de corte, como se observa en la figura 2, prevalecen los mismos grupos funcionales con la diferencia de que en la de 6 meses de corte no aparecen las bandas 1736 cm^{-1} , del grupo carbonilo, 1510 cm^{-1} del grupo OH o amida y 1290 cm^{-1}

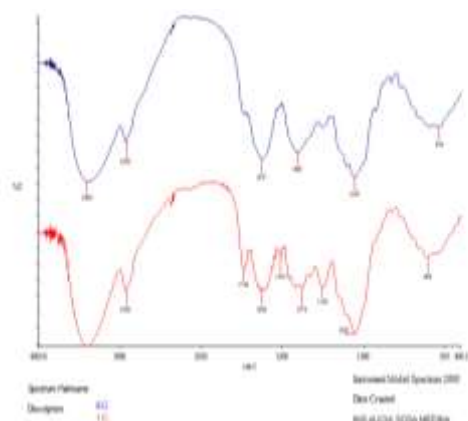


Figura 2 Muestras comparativas de cáscara de 1 y 6 meses (1C) y (6C), 2017

En la figura 3 se presentan las muestras de pulpa analizadas, en donde se observa que al comparar los resultados de uno y seis meses de corte, prevalecen básicamente los mismos grupos funcionales.

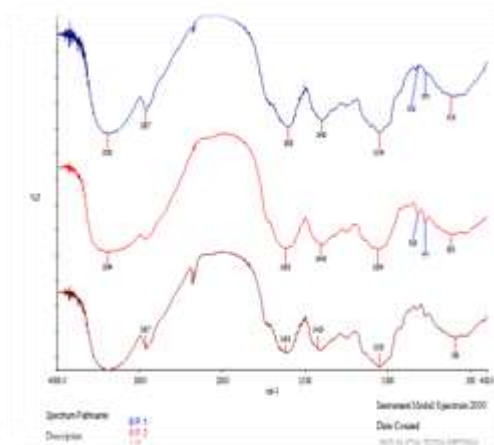


Figura 3 Muestras comparativas de pulpa de 1 y 6 meses (1P) y (6P), 2017.

En la figura 4 se comparan los resultados de la semilla de uno y seis meses de corte y se encuentra que prevalecen básicamente los mismos grupos funcionales con la diferencia de que al utilizar hexano no se observan las frecuencias $1654-1655\text{ cm}^{-1}$ del grupo metileno, $1541-1544\text{ cm}^{-1}$ del grupo amino $-\text{NH}-$ con torsión d.

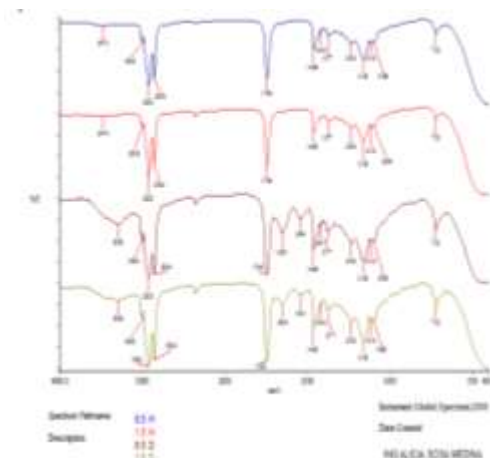


Figura 4 Muestras comparativas de cáscara de 1 y 6 meses (1C) y (6C), 2017.

En las tablas 1, 2 y 3 se muestran los grupos funcionales detectados en la harina de calabaza proveniente de semilla, pulpa y cáscara respectivamente.

No.	Longitud de onda (cm^{-1})	Grupo funcional
1	3474	
2	3288	
3	3008	=C-H (cis)
4	2925	-C-H (CH_2)
5	2854	-C-H (CH_2)
6	1746	-C=O
7	1654-1655	-C=O
8	1541-1544	-C-H (CH_2)
9	1465-1464	-C-H (CH_2)
10	1418-1417	=C-H
11	1377	=C-H
12	1238	-C-O- CH_2 -
13	1163	-C-O- CH_2 -
14	1118	-C-O
15	1098-1099	-C-O
16	722	

Tabla 1 Grupos funcionales de la harina de semilla de calabaza

No.	Longitud de onda (cm ⁻¹)	Grupo funcional
1	3393-3394	
2	2927	-C-H (CH ₂)
3	1608-1618	
4	1406-1420	=C-H
5	1059-1053	C-O
6	816	=CH ₂
7	777	-C-H
8	610-598	

Tabla 2 Grupos funcionales de la harina de pulpa de calabaza

No.	Longitud de onda (cm ⁻¹)	Grupo funcional
1	3400	
2	2925-2922	-C-H (CH ₂)
3	1736	-C=O
4	1626-1627	
5	1510	-C-H (CH ₂)
6	1409-1378	=C-H
7	1280	=C-H (cis)
8	1025-1053	-C-O
9	606-534	

Tabla 3 Grupos funcionales de la harina de cáscara de calabaza

Los resultados del análisis de espectrofotometría de absorción atómica por flama para muestras de harina de semilla, pulpa y cáscara de 1 y 6 meses de corte se presentan en la tabla 4.

Se observa que las muestras de harina elaboradas a partir de los diferentes componentes del fruto (cáscara, pulpa y semilla) contienen todos los minerales recomendados en la norma oficial mexicana para la ingesta diaria de la población, incluso algunos en cantidades superiores a los establecidos en la norma.

La cantidad de hierro oscila entre 81 a 332 mg/kg, encontrándose el valor más bajo en la semilla y el más alto en la pulpa del fruto de 6 meses de corte. Con respecto al calcio se obtuvieron valores de 476-3720 mg/kg, presentándose en forma más abundante en la cáscara, los valores de sodio fueron de 33-94, el valor mayor se obtuvo en la harina de pulpa de 6 meses de corte. En cuanto al potasio se obtuvieron valores muy altos de este mineral localizándose el mayor contenido de 70314 mg/kg en la pulpa de 6 meses de corte. El contenido de magnesio y zinc fue mayor en la harina de semilla elaborada a partir de 6 meses de corte aunque también se presenta elevado en la semilla de 1 mes de corte.

Muestra	Fe	Ca	Na	K	Mg	Zn
1s	150	798	47	45861	3286	51
6 s	81	476	33	37905	4150	60
1p	105	1839	48	57340	846	12
6p	332	2302	94	70314	1319	15
1c	191	1916	76	64697	887	20
6c	146	3720	58	56074	2143	21

Tabla 4 Contenido de minerales en la harina de calabaza (mg/kg)

En la tabla 5 se presenta la comparación de la cantidad de minerales presentes en diferentes tipos de harinas comerciales y el valor promedio en mg/100 g de cada uno de los minerales determinados en las harinas elaborados a partir de los componentes de la calabaza (cáscara, pulpa y semilla). Se observa que la harina de calabaza contiene una mayor cantidad de potasio, calcio y magnesio que las otras harinas comerciales. Con respecto al hierro se aprecia que este mineral tan importante para la dieta del humano se encuentra en cantidades superiores a las otras harinas comerciales. Finalmente en cuanto al sodio y el zinc se obtienen valores similares a las otras harinas comerciales. Estos resultados demuestran que la harina de calabaza ofrece importantes aportaciones de minerales que contribuyen a cumplir con la ingesta diaria recomendada.

Minerales	Harina de trigo	Harina de kamut	Harina de soya	Harina de arroz integral	Harina de calabaza
Sodio	75.0	3.8	4.0	10.0	5.8
Potasio	135	446	1 870	23.8	5 536
Calcio	16.0	31.0	195	21.0	1105
Magnesio	20.0	153	2 47	110	210.5
Zinc	4.8	-----	4.9	1.6	2.98
Hierro	4.5	4.2	12.0	1.7	16.75

Tabla 5 Comparación de minerales en diferentes tipos de harinas comerciales

Recomendaciones de ingesta diaria: fierro de 17 mg, calcio 900 mg, magnesio 250 mg y zinc 10 mg, potasio 3510 mg y sodio máximo 2000 mg de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-247-SSA1-2008), Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas.

Conclusiones

En este trabajo se elaboró harina integral de calabaza a partir de la especie "*Cucurbita lundelliana*" que se cultiva en el estado de Tabasco. La harina proveniente de los componentes para frutos de 1 y 6 meses de corte, se analizó mediante espectroscopia infrarroja para identificar los grupos funcionales en las muestras. Los resultados en infrarrojo mostraron entre los grupos funcionales en la pulpa, sales de ácido carboxílico di o polihidroxilados lo que indica muy posiblemente la presencia de celulosa, vitamina A y carbohidratos. En la cáscara se observaron grupos hidroxilo y amino así como grupos alquilo y ésteres o cetonas, relacionados con la presencia de celulosa, proteínas o vitaminas y ácido fólico. En la semilla de calabaza se encontraron cadenas alifáticas de éster posiblemente insaturada, grupos amino y ácidos carboxílicos unidos a éster o cetonas indicando muy probablemente la presencia de proteínas, ácido fólico y ácidos grasos. Al comparar los espectros de 1 y 6 meses de corte, no se apreciaron diferencias de grupos funcionales en las muestras de pulpa, semilla y cáscara, con respecto a los diferentes grados de madurez del fruto.

Los resultados obtenidos son semejantes a los reportados por Hernández *et al.*, 2011 al estudiar el aceite de semilla de calabaza por reflexión atenuada y espectroscopía infrarroja y también a los reportados por Lankmayr *et al.*, 2004 en la clasificación quilométrica en aceite de semilla de calabaza usando espectro UV-Vis, NIR y FTIR. Rodríguez en el 2006, presenta resultados similares en los espectros obtenidos por FTIR en semilla de calabaza (*C. moschata* Duch) utilizando el método con pastillas de KBr.

Los resultados de los análisis de espectroscopía por absorción atómica por el método de flama indicaron la presencia de minerales de importancia para la salud de los seres humanos, en cantidades suficientes para cubrir la aportación a la ingesta diaria recomendada por la OMS. Los resultados por absorción atómica de minerales en harina de frutos de 1 y 6 meses de corte tampoco presentan diferencias con respecto al grado de madurez.

Las aportaciones de hierro son suficientes, el valor mínimo se encontró en la semilla de 6 meses de corte y aun es mucho mayor a la dosis diaria recomendada, lo cual representa un buen aporte para niños, mujeres embarazadas y personas con déficit de este mineral. La harina de calabaza sería una buena fuente de calcio ya que la semilla de 6 meses de corte corresponde a la mitad de la dosis diaria recomendada y el máximo valor lo encontramos en la cáscara de 6 meses de corte. También se observa que esta harina representa una fuente rica en magnesio y zinc, los cuales podrían complementar la dieta en poblaciones con deficiencias nutricionales.

Estos resultados cobran relevancia ya que en la industria alimentaria en muchas ocasiones las harinas obtenidas de otros cereales se tienen que fortificar con fierro y calcio para poder cumplir con las cantidades recomendadas, por lo que la harina de calabaza aporta una cantidad suficiente para la ingesta diaria en la mayoría de los minerales analizados (NOM-247-SSA1-2008 ; OMS, 2004).

Sólo en cuanto al contenido del potasio se obtuvieron valores superiores a las recomendaciones para la ingesta diaria, se observó con mayor contenido de este mineral particularmente en la harina proveniente de la cáscara.

Sin embargo este factor podría contribuir a mantener la relación equilibrada (1 a 1) con las altas cantidades de sodio que normalmente se consumen, cabe mencionar que la Organización Mundial de la Salud en lo últimos años ha sugerido aumentar la ingesta de potasio en la dieta, ya que estudios realizados han demostrado que reduce la tensión arterial sistólica y diastólica tanto en niños como en adultos y se asocia con la prevención de accidentes cerebrovasculares, enfermedades cardiovasculares o cardiopatía coronaria (OMS, 2013).

Referencias

De la Cruz G. V., Villalpando S., Mundo R. V., Shamah L. T. Prevalencia de anemia en niños y adolescentes mexicanos: comparativo de tres encuestas nacionales. *Salud Pública de México* 2013. 55 supl 2:S180-S189.

Ekpedeme U. A., Basse A. N., Ekaete U. Etuk. Minerals and antinutrients in fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis Hook f.*). *Food Chemistry* 70 (2000) 235-240. Analytical, Nutritional and Clinical Methods Section. Nigeria. 1999.

Glew R.H., Glew R.S., Chuang L.T., Huang Y. S., Millson M., Constans D.y Vanderjag D.J., *Plant Foods For Human Nutrition* 61: 51-56. Amino Acid, Mineral And Fatty Acid Content Of Pumpkin Seeds (*Cucurbita Spp*) And *Cyperus Esculentus* Nuts In The Republic Of Niger. 2006.

Kamnev A.A., Colina M., Renou. M.E., Frolov I., Ptitchkina N. M., and Ignatov V. V. Monutshe fuir Chem, *Chemical Monthly*, Springer-Verlag. Printed in Austria Monatshefte fur Chemie 128, 211-216 Atomic Absorption Spectroscopic Investigation of the Mineral Fraction of Pectins Obtained from Pumpkin and Sugar Beet. Austria. 1997.

Lankmayr E., Mocak J., Serdt K., Balla B. Wenzl T., Bandoniene M., Wagner S. Clasificación quilométrica en aceite de semilla de calabaza usando espectro UV-Vis, NIR y FTIR. Austria 2004.

Lucas F.B., Hernández J.L.I., Boettler B.R. Análisis proximal y determinación de factores tóxicos de la almendra y caracterización fisicoquímica de la grasa de calabaza hedionda (*Apodanthera Undulata*). México. 2015.

Morrison R.T. y Boyd R.N. Química Orgánica. Sexta Edición. Ed. Pearson Addison W. EU. New York 1992.

NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

NMX-AA-051-SCFI-2001 Análisis De Agua - Determinación de Metales por Absorción Atómica en Aguas Naturales, Potables, Residuales y Residuales Tratadas - Método de Prueba (Cancela A La Nmx-Aa-051-1981)

Piña B.A. Desarrollo de modelos quimiométricos acoplados a espectrofotometría MID-FTIR-HATR para la identificación y cuantificación de olote como adulterante en la masa nixtamalizada y tortilla de maíz blanco y azul. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México 2012.

Ponka R., Abdou B. A., Fokou E., Tabot S.T., Beaucher E., Piot M., Leonil J., Gauchero F., Protein, mineral and amino acid content of some Cameroonian traditional dishes prepared from pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.), 2015. Journal of Food Composition and Analysis 43 (2015) 169–174.

Rodríguez J.M., Un ingrediente activo con acción antihelmíntica, a partir de las semillas de *Cucurbita moschata* Duch: Estudios analíticos y de preformulación. Instituto de Farmacia y Alimentos Departamento de Tecnología y Control de los Medicamentos. La Habana, Cuba. 2006.

Rodríguez M. J., Hernández S.B., Lara H.E., Vivar V.M.A, Carmona G.R., Gómez A.C., y Martínez S.C. Physicochemical and functional properties of whole and defatted meals from Mexican (*Cucurbita pepo*) pumpkin seeds. International Journal of Food Science and Technology. 47, 2297-2303. 2012.

Saucedo H.Y., Lerma G.M.J., Herrero M.J.M., Ramos R.G., Rodríguez E.J., Simón A.E.F. Classification of Pumpkin Seed Oils According to Their Species and Genetic Variety by Attenuated Total Reflection Fourier-Transform Infrared Spectroscopy. ACS Publications. American Chemical Society dx.doi.org/10.1021/jf104278g | J. Agric. Food Chem. 2011, 59, 4125–4129. 2011.

Shamah L. T, Cuevas N. L, Mundo R. V., Morales R. C., Cervantes T. L., Villalpando H.S. Estado de salud y nutrición de los adultos mayores en México: resultados de una encuesta probabilística nacional. Salud Pública de México 2008. 50:383-389.

Shamah L. T., Villalpando S., Mundo R. V., De la Cruz G. V., Mejía R. F., Méndez G., Humarán I. Prevalencia de anemia en mujeres mexicanas en edad reproductiva, 1999-2012. Salud Pública de México 2013. 55 supl 2:S190-S198.

<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>
FAOSTAT 2016

<http://es.slideshare.net/yames0801/monografa-calabazaene2011vf>. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012. Panorama agropecuario en Tabasco, censo agropecuario Tabasco 2007-2012.

[http://www.fao.org/right-to-food-around-the-globe/methodology/es/Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura](http://www.fao.org/right-to-food-around-the-globe/methodology/es/Organización%20de%20las%20Naciones%20Unidas%20para%20la%20alimentación%20y%20la%20agricultura), 2014.

<http://www.proceso.com.mx/462525>

Agradecimientos

Agradecemos a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN y al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento para el desarrollo de la presente investigación.

Efecto del pH y la temperatura sobre la liberación de la bacteriocina producida por *Pediococcus acidilactici* ITV 26 encapsulada en una matriz de alginato-almidón

JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena†, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés, ESPEJO-BAYONA, Diana Laura y LUGO-DAMIÁN, Hepziba Noemi

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco Av. 25 Poniente no.100 Col. Reserva Territorial c.p. 94100 Huatusco, Veracruz, México

Recibido 6 de Octubre 2017; Aceptado 9 de Diciembre, 2017

Resumen

Las bacteriocinas producidas por bacterias lácticas, son consideradas desde un punto de vista tecnológico como conservadores grado alimenticio. Su naturaleza peptídica permite la degradación por enzimas digestivas, resultando inocuas para el consumidor y la microbiota intestinal Su espectro de actividad incluye bacterias potencialmente patógenas y alterantes asociadas a los alimentos *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, etc. El objetivo del presente trabajo, fue evaluar el efecto del pH y la temperatura sobre la liberación de la bacteriocina producida por *Pediococcus acidilactici* ITV 26 encapsulada en una matriz de alginato: calcio-almidón. La encapsulación de la bacteriocina se realizó por medio de gelificación iónica y extrusión. La matriz alginato-almidón se preparó con una solución de alginato de calcio al 2% y almidón al 8%. La liberación de la bacteriocina encapsulada se llevó a cabo por el método de (Narshaia 2013) con modificaciones y se realizó la cinética de la actividad antimicrobiana durante 72 horas. La actividad del péptido, se midió por el método de difusión en agar utilizando como sepa sensible *Listeria innocua* AST-062. La bacteriocina encapsulada, inhibió el crecimiento de la cepa sensible, observándose halos de inhibición lo cual demostró la estabilidad del péptido en función del tiempo y la temperatura en medio de cultivo sólido.

***Pediococcus acidilactici*, bacteriocinas, encapsulación, microencapsulación**

Abstract

Bacteriocins produced by lactic bacteria, are considered from a technological point of view as food grade preservatives. Its peptidic nature allows the degradation by digestive enzymes, thus being harmless to the consumer and the intestinal microbiota and in some cases. Its spectrum of activity includes potentially pathogenic and altering bacteria associated with food *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, etc. The objective of the present work was to evaluate the effect of pH and temperature on the release of bacteriocin produced by *Pediococcus acidilactici* ITV 26 encapsulated in an alginate: calcium-starch matrix. The bacteriocin encapsulation was performed by means of ionic gelling and extrusion. The alginate-starch matrix was prepared with a solution of calcium alginate at a concentration of 2% and 8% starch. The release of the encapsulated bacteriocin was carried out by the method of (Narshaia 2013) with modifications and kinetics of antimicrobial activity was performed for 72 hours. The activity of the peptide was measured by the agar diffusion method using *Listeria innocua* AST-062 as sensitive. The bacteriocin encapsulated in an alginate-starch matrix inhibited growth of the sensitive strain, with inhibition halos being observed which demonstrated the stability of the peptide as a function of time and temperature in solid culture medium

***Pediococcus acidilactici*, bacteriocins, encapsulation, microencapsulation**

Citación: JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés, ESPEJO-BAYONA, Diana Laura y LUGO-DAMIÁN, Hepziba Noemi. Efecto del pH y la temperatura sobre la liberación de la bacteriocina producida por *Pediococcus acidilactici* ITV 26 encapsulada en una matriz de alginato-almidón. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-4:22-30

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La encapsulación y la microencapsulación es una técnica útil para la protección de aditivos utilizados en la industria de los alimentos. Se ha empleado con el fin de prolongar la vida útil de diferentes productos, fortificación y liberación controlada de nutrientes en el sitio de acción, contribuyendo a la estabilización de los mismos durante el almacenamiento y transporte a condiciones extremas de temperatura y humedad. Por otra parte, el uso de la encapsulación de microorganismos como una forma de inmovilización celular, provee de una protección frente a condiciones adversas del ambiente, permite una alta concentración de células, lo cual puede favorecer a una mayor producción de bacteriocina por parte de las bacterias lácticas. Las diferentes técnicas de encapsulación pueden ser aplicadas a las bacteriocinas, péptidos antimicrobianos producidos por bacterias lácticas pudiendo liberarse en forma gradual en función del tiempo al medio que se desee (Champagne y col. 2007). Estudios previos sobre la estabilidad de la bacteriocina de *P. acidilactici* ITV 26 han demostrando que la encapsulación por extrusión en alginato de calcio, es un método viable para estabilizar la actividad antimicrobiana, protegiéndola del efecto de los ingredientes de un alimento (Jiménez y col. 2014).

Justificación

El interés de ofrecer alimentos mínimamente procesados al mercado y la creciente demanda del consumidor actual hacia alimentos procesados sin aditivos químicos, ha llevado a la industria alimentaria a reconsiderar el potencial antimicrobiano de las bacteriocinas producidas por bacterias lácticas, como una nueva estrategia de conservación.

Problema

Las bacteriocinas debido a su naturaleza proteica son susceptibles de ser degradadas por el efecto de enzimas proteolíticas, cambios de pH, concentración de lípidos, etc. presentes en la matriz de un alimento. Razón por la cual es necesario plantear alternativas viables que permitan proteger la estabilidad de estos péptidos frente a dichos factores. Una estrategia tecnológica que actualmente se ha implementado en la industria alimentaria para proteger diversas moléculas biológicas, es la técnica de encapsulación y microencapsulación.

Hipótesis

La bacteriocina producida por *Pediococcus acidilactici* ITV 26 encapsulada en una matriz de alginato-almidón presenta estabilidad y actividad antimicrobiana, en función de la interacción de factores como pH y temperatura

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto del pH y la temperatura sobre la liberación de la bacteriocina producida por *Pediococcus acidilactici* ITV 26 en una matriz de alginato de calcio-almidón.

Objetivos específicos

Evaluar la encapsulación de bacteriocina en una matriz alginato de calcio-almidón por el método de gelificación iónica.

Evaluar el efecto del pH y temperatura sobre la liberación de la bacteriocina encapsulada

Realizar cinéticas de liberación de la bacteriocina encapsulada y microencapsulada, por medio del método de difusión en agar utilizando como cepa sensible a *Listeria innocua* AST-062

Marco Teórico

Las bacteriocinas se han definido como un grupo heterogéneo de compuestos antibacterianos de naturaleza proteica (péptidos), sintetizadas a nivel ribosomal variando en su modo de acción, espectro de actividad, peso molecular, propiedades bioquímicas y origen genético (Klaenhammer 1993; Carolissen-Mackay y col.1994; Vadyvaloo y col. 2002).

Sin embargo, los tratamientos térmicos o cambios de pH, pueden llegar a reducir su actividad antibacteriana, a pesar de ser termoestables y activas a amplios valores de pH. Pueden verse también afectadas por la presencia de enzimas proteolíticas, sales, ácidos, proteínas o lípidos presentes en los alimentos (Degnan y Luchansky 1992; Degnan y col. 1993).

Se conoce que en la matriz de un alimento la actividad de una bacteriocina disminuye por cambios en la solubilidad y carga molecular, pudiendo ocurrir también la unión a los componentes del mismo alimento. (Benech y col. 2002; Gálvez y col. 2008). Pueden presentarse cambios en la membrana de las células blanco como respuesta a los factores ambientales, esto a su vez influye en la actividad antagónica de la bacteriocina (Abee y col. 1994).

Se ha demostrado que la actividad de la bacteriocina de *Pediococcus acidilactici* ITV 26 disminuyó de 33 a 50 %, cuando se combinó con glucosa al 2, 5 y 10 %, la albumina a las mismas concentraciones, causó disminución de la actividad de 66.7 a 41.7 % en comparación con la lecitina al 2 y 5 % la cual inactivó a la bacteriocina causando una reducción de 99 % de la actividad antilisterial.

Respecto a la actividad antimicrobiana de la bacteriocina producida por *P. acidilactici* ITV 26 se ha observado que inhibió el crecimiento de *Enterococcus faecalis* NRRL B-537, *E. faecium* ITV45, *Lactobacillus acidophilus* M128-1, *L. acidophilus* NCK 1088,1785 y 8082. También se ha observado que inhibe el crecimiento de *Listeria monocytogenes* AST-0.67, *L. innocua* AST-062 y *L. innocua* BL. (Jiménez y col. 2000).

En cuanto a la estabilidad térmica de esta bacteriocina se ha demostrado que en extracto crudo, es estable a 72°C por 15 minutos, pero a 100°C su actividad se ve disminuida en función del tiempo, reteniendo solo un 26 % de la actividad original a los 10 minutos después de someterse al tratamiento térmico. Respecto a la estabilidad al pH, se ha observado que es estable, conservando su actividad antimicrobiana a valores de pH de 1.0 a 9.0. Perdiendo actividad a pH 11.0 ó superior (Lopez del Castillo, 1998).

Considerando los resultados de las investigaciones antes mencionadas, en las cuales se ha demostrado que la actividad de la bacteriocina se ve disminuida por factores ambientales, es necesario protegerla y estudiar la liberación en forma dosificada. Por lo cual se propuesto encapsular a la bacteriocina en alginato de calcio, estudiar la cinética de liberación y estabilidad de la actividad antimicrobiana que ha mostrado en forma libre frente a *L. innocua* AST-062 utilizada como cepa sensible.

Metodología

Reactivación de las cepas bacterianas

Se utilizó Caldo MRS (deMAN, Rogosa y Sharpe 1960), para la propagación y resuspensión en medio fresco de la cepa productora *Pediococcus acidilactici* ITV y Caldo LB (Luria Bertani), para reactivar la cepa sensible *Listeria innocua* AST-062 Agar LB y realizar las pruebas de actividad por el método de difusión en agar. La cepa productora se reactivó en medio MRS por 18 h a 37°C, posteriormente se realizó una resiembra del cultivo en las mismas condiciones. *L. innocua* AST-062 se incubó a 37°C por 18 h y posteriormente se resembró por 2 horas. La cepa productora se resembró al 1 % (v/v) en 500 mL de caldo MRS y se incubó a 37°C por 18 horas, para obtener la bacteriocina en extracto crudo.

Producción de la bacteriocina

El cultivo se centrifugó a 12,000g a 4°C x 15 minutos y se obtuvo un sobrenadante libre de células (SLC). Al extracto crudo de bacteriocina obtenido, se le ajustó el pH a 6.8 utilizando NaOH al 5 %N. Posteriormente, se esterilizó a través de membranas millipore de 0.22 µm y se almacenó a -18 °C hasta su posterior evaluación.

La actividad de la pediocina se determinó por medio de la técnica de difusión en agar (spot onlawn), descrita por Schillinger y Lucke (1989).

Las placas de agar LB, se inocularon con 105 µl de cultivo de *Listeria innocua* AST 062 incubado durante 18 horas, a partir de este cultivo, se preparó una dilución 10⁻² utilizando una solución de cloruro de sodio al 0.8 % (p/v).

El cultivo, se sembró por vaciado en placa, posteriormente se perforaron pozos en el agar LB 6 mm de diámetro se colocaron 5 capsulas de la bacteriocina encapsulada en el pozo y se incubaron a 37°C

Ensayos de actividad de la bacteriocina encapsulada

La actividad de la bacteriocina se determinó por medio de la técnica de difusión en agar (spot onlawn), descrita por Schillinger y Lucke (1989).

Las placas de agar LB, se inocularon con 105 µl de cultivo de *Listeria innocua* AST 062 incubado durante 18 horas, a partir de este cultivo, se preparó una dilución 10⁻² utilizando una solución de cloruro de sodio al 0.8 % (p/v). El cultivo, se sembró por vaciado en placa, posteriormente se perforaron pozos en el agar LB (6 mm de diámetro) y se colocaron 30 µl de muestras y en el caso de la bacteriocina encapsulada se colocaron 4 cápsulas en cada pozo y se incubaron a 37°C

Encapsulación

La encapsulación de la bacteriocina se realizó por medio de gelificación iónica y extrusión. En un matraz se vertieron 50 mL bacteriocina en extracto crudo con un pH 6.8, y 50 mL de la solución de alginato de calcio-almidón a una concentración 1%(p/v), con ayuda de una jeringa de insulina (30G X 13 mm) se extruyó la matriz en una solución de (CaCl₂) al 0.3 M, se tomó el tiempo que correspondió a 6 min. Las capsulas obtenidas se filtraron a través de papel Whatman, para su posterior uso.

Matriz alginato de calcio almidón

Se preparó una solución de alginato de calcio a una concentración 2% a la cual se le agregó almidón al 8% y se llevó a un volumen de 50 mL con agua destilada.. Posteriormente se esterilizó a 115°C durante 5 min.

Ensayo de liberación de bacteriocina encapsulada

La liberación de la bacteriocina encapsulada se realizó siguiendo el método de Narshaia 2013 con modificaciones. La actividad antimicrobiana de bacteriocina encapsulada se evaluó mediante unidades formadoras de colonia por ml UFC/mL. Utilizando como cepa sensible a *Listeria innocua* AST-062. Para la liberación de la bacteriocina se utilizaron tres conjuntos de matraces que contenían 200 mL de Caldo LB a pH 7.0 (Narsaian, 2013). Para el segundo experimento el caldo LB se ajustó el pH 6.0.

A los matraces se añadieron 400 µl de *Listeria innocua* AST-062

Al segundo se le adicionaron 24 mL de bacteriocina en extracto crudo y al último matraz se le agregaron 24 g de cápsulas.

Un matraz se utilizó como tratamiento testigo. Los matraces se incubaron a 37°C durante 72 horas. Para realizar la cinética se tomaron muestras cada 4 horas, considerando como primer punto la hora cero, correspondiente al inicio de la cinética, posteriormente las muestras cinco, seis y siete fueron cada 12 horas después del último punto, terminando en 72 horas, correspondientes a un lapso de 24 horas. De cada muestra se tomaron alícuotas de 1000 µl, las cuales se diluyeron en tubos que contenían 4.5 ml de agua peptonada. Una vez preparadas las diluciones se virtieron 1000 µL de cada muestra en cajas petri y 15ml de agar LB. Posteriormente las placas se incubaron a 37°C durante 30 horas.

Resultados

Pruebas de actividad antimicrobiana

La bacteriocina encapsulada en una matriz alginato-almidón, logró inhibir el crecimiento de la cepa sensible, observándose halos de inhibición como se muestra en la figura 1. Lo cual indica que la actividad de la bacteriocina encapsulada disminuye a través del tiempo (Tabla 1). Sin embargo se observó que después de la hora cinco, las cápsulas aún contenían bacteriocina. La resistencia que mostró la cepa sensible al efecto de la bacteriocina (ELC) así como a la bacteriocina encapsulada, posiblemente se debió a que el cultivo se encontraba en condiciones óptimas de crecimiento, observando diferencias significativas en los resultados de ambos tratamientos.

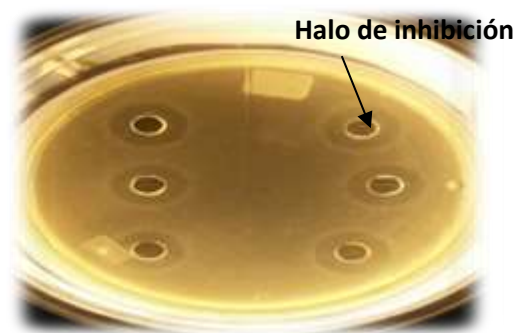


Figura 1 halos de inhibición de *L. innocua* AST-062 por efecto de la bacteriocina encapsulada (Elaboración Propia)

Halos de inhibición		
T (h)	ELC	CAPSULAS
0	2.175 ± 0.007 a	1.185 ± 0.011 a
1	2.075 ± 0.021 b	1.170 ± 0.001 b
2	1.975 ± 0.021 c	1.160 ± 0.001 c
3	1.835 ± 0.007 d	1.165 ± 0.007 d
4	1.535 ± 0.007 e	0.955 ± 0.001 e
5	1.270 ± 0.014 f	0.678 ± 0.001 f

Tabla 1 Actividad antimicrobiana de la bacteriocina de *P. acidilactici* ITV 26

Promedio de dos repeticiones por triplicado de la muestra ± desviación estándar. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Teixera y col. (2007) señalan que la bacteriocina producida por *Bacillus licheniformis* p40, encapsulada en nanovesículas de fosfatidilcolina, inhiben el crecimiento de *Listeria monocytogenes* ATCC 7644. Observando estabilidad de las nanovesículas durante 30 días almacenadas a 4 °C con una efectividad antilisterial del 10% al final del experimento. Por otra parte, Iburguren y col, (2012) reportaron también la actividad de las bacteriocinas sintetizadas por *Enterococcus faecium* CRL 1385, encapsuladas por gelificación iónica, sobre las células de *Listeria monocytogenes* 99/287, encontrando que las cápsulas mantienen su actividad en el lapso de un año conservadas a 18°C después del proceso de encapsulación y de un doble proceso de liofilización, además describieron una mayor eficacia en las cápsulas en medio líquido respecto al medio sólido.

En comparación con los resultados obtenidos en este trabajo, en el cual se observaron halos de inhibición sobre el crecimiento de la cepa sensible, lo cual indica la estabilidad del péptido en función del tiempo y la temperatura en medio sólido y que difieren respecto a los resultados reportados por Iburguren y col. (2012).

Efecto del pH sobre la actividad antimicrobiana de la bacteriocina encapsulada

En la tabla 2 se muestra el efecto del pH sobre la actividad antimicrobiana de la bacteriocina en la cual se observa la inhibición de la cepa sensible, no se presentan diferencias significativas en los tratamientos a pH 7.0 y 6.0, lo cual demuestra que la bacteriocina es estable en un intervalo de pH's de 1.0 a 9.0 (López del castillo 1998).

pH	<i>L. innocua</i> AST-062	Extracto libre de células (ELC)		Bacteriocina Encapsulada	
	UFC/ML	UFC/ML	% de Inhibición	UFC/ML	% de Inhibición
7	9.27 ± 2.39 a	7.88 ± 2.33 a		8.08 ± 2.09 a	12.84
6	9.07 ± 2.25 a	8.59 ± 6.29 a		7.89 ± 2.04 a	13.01

^{ab} Medidas seguidas con la misma letra entre filas no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Tabla 2 Efecto del pH sobre la estabilidad de la bacteriocina vs la cepa sensible *L. innocua* AST-062

Efecto de la temperatura sobre la actividad antimicrobiana de la bacteriocina encapsulada

El efecto de la temperatura sobre la estabilidad de la bacteriocina encapsulada, se observa en los resultados de la tabla 3

T °C	<i>L. innocua</i> AST-062	Extracto libre de células (ELC)			Bacteriocina Encapsulada	
		UFC/ML	UFC/ML	% de Inhibición	UFC/ML	% de Inhibición
37	10.64 ± 2.22 a	10.01 ± 6.18 a	5.93	9.30 ± 2.05 a	12.6	
15	07.70 ± 1.20 b	06.46 ± 0.74 b	16.11	6.68 ± 0.90 b	13.25	

Promedio de dos repeticiones por triplicado de la muestra ± desviación estándar.

^{ab} Medidas seguidas con la misma letra entre filas no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

Tabla 3 Efecto de la temperatura sobre la estabilidad de la bacteriocina encapsulada vs *L. innocua* AST-062

De acuerdo a los resultados obtenidos a 37°C la cepa crece 10.64 log UFC/mL mientras que a 15°C crece 7.70 log UFC/mL, obteniendo diferencias significativas. Tomando en cuenta que *Listeria innocua* AST-062 presenta un mayor crecimiento a 37°C y la bacteriocina es estable a 37°C (López del Castillo 1998). Mientras que para el tratamiento en el cual la cepa sensible estuvo en contacto con la bacteriocina encapsulada, se obtuvieron diferencias significativas observando que la bacteriocina encapsulada inhibe el crecimiento de *Listeria innocua* AST-062 en un ciclo log cuando se expuso a 37°C y 15°C

Efecto del Tiempo sobre la Estabilidad de la Bacteriocina

En la tabla 4 se muestra el efecto del tiempo sobre la estabilidad de la bacteriocina y se observó que los diferentes tratamientos los resultados son altamente significativos (Tabla 4), demostrando que a partir de la hora ocho, la bacteriocina encapsulada comenzó a inhibir el crecimiento de la cepa sensible, presentando una reducción de más de un ciclo logarítmico. Narsaiah y col. (2013), al estudiar la microencapsulación de pediocina en diferentes matrices a base de alginato-lectina, alginato-fosfatidilcolina y alginato, observaron mayor efectividad en la matriz alginato-fosfatidilcolina, utilizada como encapsulante con la cual se obtuvo una reducción de 3.5 ciclos logarítmicos sobre el crecimiento de *L. innocua* en una cinética de 72 horas. Concluyendo que las cápsulas formuladas con alginato, goma guar y los liposomas de fosfatidilcolina fueron los tratamientos más efectivos para la liberación controlada de la pediocina. Los resultados de este trabajo muestran que la combinación de polímeros como alginato-almidón favoreció la liberación controlada de la bacteriocina demostrando que a partir de la hora ocho, la bacteriocina encapsulada comenzó a inhibir el crecimiento de la cepa sensible, presentando una reducción de más de un ciclo logarítmico respecto al tratamiento testigo.

Tiempo (h)	<i>L. innocua</i> AST-062	Etracto libre de células (ELC)		Bacteriocina Encapsulada	
	UFC/ML	UFC/ML		UFC/ML	% de Inhibición
0	6.16 ± 0.12 c	6.06 ± 0.14 a	1.7	6.13±0.09 c	0.48
4	7.76±1.41bc	6.09 ± 0.33 a	21.52	6.56±0.62 bc	15.46
8	8.39±1.83abc	7.15±1.42a	14.78	7.0±0.86 abc	16.57
12	9.43±2.45ab	8.29±2.71a	12.09	8.45±2.26abc	10.39
24	10.12±1.95ab	8.07±2.27a	20.26	8.35±2.49abc	17.49
36	10.83±2.21a	8.88±2.37a	18.01	8.50±2.25abc	21.54
48	10.47±1.77ab	8.62±1.54a	17.67	9.32±2.37ab	10.98
72	10.20ab	12.72±11.93 a	-24.71	9.57±1.39a	6.18

Promedio de dos repeticiones por triplicado de la muestra ± desviación estándar.

^{ab} Medidas seguidas con la misma letra entre filas no son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Tabla 4 Efecto del tiempo sobre la estabilidad de la bacteriocina e inhibición de *Listeria innocua* AST-062

Conclusiones

La combinación de los polímeros alginato-almidón como matriz encapsulante, permitieron la liberación de la bacteriocina de manera controlada en función del tiempo.

La bacteriocina encapsulada inhibió el crecimiento de la cepa sensible *Listeria innocua* AST-062.

Los factores como las diferentes temperaturas y los diferentes valores de pH evaluados, no afectaron la estructura de las cápsulas y la actividad del péptido sobre el crecimiento de la cepa sensible.

El tiempo resultó ser un factor determinante en el proceso de liberación de la bacteriocina encapsulada.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado para la realización del presente trabajo al Laboratorio de Microbiología de la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos del Instituto Tecnológico de Veracruz, México.

Referencias

Abee, T., Klaenhammer, T. y Letellier, L. 1994. Kinetic studies of the action of Lactacin F a bacteriocin produced by *L. johnsonii* that forms poration complexes in the cytoplasmatic membrane. Appl. Env. Microbiol. 60(3):1006-1013

Benech, R.O., Kheadr E, Lacroix, C. y Fliss, I. 2002 Antibacterial activities of nisin Z encapsulated in liposomes or produced in situ by mixed culture during cheddar cheese ripening.68: 5607-5619. Carolissen-Mackay, V., Arendse, G. y Hastings, J. 1997. Purification of bacteriocins of lactic acid bacteria and pointers. Int. J. Food Microbiol. 34 : 1-16

DeMan, J. C., Rogosa, M. y Sharpe, M.E. 1960. A medium for the cultivation of lactobacilli. J. Appl. Bacteriol. 23:130-135.

Champagne, C. P. & Fustier P. 2007 Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. Current Opinion in Biotechnology 18: 184-190.

Degnan, A.J., Buyong Nurliza y J.B. Luchansky. 1993 Antilisterial activity of pediocin AcH in model food systems in the presence of an emulsifier or encapsulated within liposomes. International Journal of Food Microbiology. 18:127-138.

Degnan, A. J., Piva, A. y Luchansky, J.B. 1996. Preservation of Food Using Lactic Acid Bacteria and Bacteriocins. Food Testing and Analysis. Pp. 17-19

- Ibarguren, C., Grosso, C. R., & Apella, M. (2012). Anti-*Listeria monocytogenes* activity of enterocins microencapsulated. *Food Hydrocolloids*, 21-26
- Gálvez, A., Lucas, R. y Abriouel, H. 2008. Application of Bacteriocins in the control of foodborne pathogenic and spoilage bacteria. *Critical Reviews in Biotechnology*. 28: 125-152
- Jiménez, H. M., Escudero A. B. y Mendoza G. P. 2000 Antibacterial Activity of the bacteriocin produced by *Pediococcus acidilactici* ITV 26 in Model Food Systems IFT Annual Meeting and Food Expo 10 al 14 Junio Dallas, Texas USA
- Jiménez H., M., Mendoza G., P., Tejero A., J. & Oliart R.R.M. 2014. Inhibición de *Listeria innocua* AST-062 por la bacteriocina de *Pediococcus acidilactici* ITV 26 encapsulada en alginato de calcio. Congreso interdisciplinario de Cuerpos Académicos 11 al 12 de Septiembre Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, México.
- Jyothi, V., Prasanna, M., Sakarkar, S., Prabha, S., Ramaiah, S. y Srawan, G. 2010. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *J. of Microencapsulation* 27(3): 187-197
- Klaenhammer, T. 1988 Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie*. 70:337-349.
- Krasaekoop, W., Bhandari, B. y Deeth H., 2003 Evaluation of Encapsulation techniques of probiotics for yogurt. *Int. Dairy Journal* 13: 3-13.
- López del Castillo, L. (1998). Aislamiento de *Pediococcus acidilactici* ITV 26 y caracterización parcial de la bacteriocina producida. Tesis de Maestría Instituto Tecnológico de Veracruz. México
- Narsaiah K., Jha S., Wilson R., Mandge H., Manikantan M., Malik R. & Vij S. 2013
- Pediocin-Loaded Nanoliposomes and Hybrid Alginate-Nanoliposomes Delivery Systems for Slow Release of Pediocin. *BioNanoScience*. 3:37-42
- Schillinger, U., Lücke, F.K. 1989. Antibacterial Activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Appl. Environ. Microbiol.* 55: 1901-1906
- Teixeira, L.M., dos Santos, J., Silveira, N., y Brandelli, A. 2007 Phospholipid nanovesicles containing a bacteriocin-like substance for control of *Listeria monocytogenes*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 444: 1-5.

Desarrollo de churros a base de soya (*Glycine max*)

PÉREZ-ARCE, Jessica Mireya†, NAVARRO-CRUZ, Addi Rhode*, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martín y OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique

Universidad Autónoma de Sinaloa, Unidad Académica de Ciencias de la Nutrición, Licenciatura en Nutrición. Ave. Cedros S/N y calle los Sauces, Fracc. Los Fresnos, 80019, Culiacán, Sinaloa.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Fac. Ciencias Químicas, Depto de Bioquímica-Alimentos. Edificio FCQ5 segunda planta 202-D, Ciudad Universitaria, CP 72570, Puebla., Pue

Recibido 7 de Octubre, 2017; Aceptado 15 de Diciembre, 2017

Resumen

Hablar de la gastronomía mexicana es hacer un viaje en la diversidad de platillos y postres que nos rodean, sin embargo, la mayoría son altamente calóricos y repercuten sobre la salud, lo que hace necesario innovar constantemente en el campo de la alimentación, por ese motivo este estudio se enfocó en desarrollar una formulación para churros a base de soya que cumpla con características nutricionales y sensoriales aceptables para el consumidor. Se basó en la preparación de unos churros tradicionales, después se diseñaron varias formulaciones con harina de soya buscando la mejor sensorialmente hablando. Se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes, encontrándose así que los churros de soya presentaron una elevada cantidad de proteínas con un 13.5 %. Respecto a los análisis microbiológicos, los resultados fueron negativos tanto para bacterias como para mohos y levaduras siendo así un alimento seguro para el consumo humano.

Soya, churros, proteína, obesidad, alimento funcional

Abstract

Talking about Mexican gastronomy is to take a trip in the diversity of dishes and desserts that surround us, however, most of them are highly caloric and have repercussions on health, which makes it necessary to constantly innovate in the field of food, for that reason, this study focused on developing a soy based meal formulation that meets nutritional and sensory characteristics acceptable to the consumer. It was based on the preparation of some traditional churros, after which several formulations were designed with soy flour looking for the best sensorially speaking. The corresponding physicochemical and microbiological analyzes were carried out, thus finding that the soy churros presented a high amount of proteins with 13.5%. Regarding the microbiological analyzes, the results were negative for both bacteria and molds and yeasts being thus a safe food for human consumption.

Soy, churros, protein, obesity, functional food

Citación: PÉREZ-ARCE, Jessica Mireya, NAVARRO-CRUZ, Addi Rhode, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martín y OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique. Desarrollo de churros a base de soya (*Glycine max*). Revista de la Invención Técnica 2017. 1-4:31-38

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las investigaciones han demostrado que una buena nutrición se traduce en calidad de vida, cuando los factores que determinan la nutrición son disarmónicos y existen deficiencias o excesos que impiden el buen funcionamiento del organismo en su totalidad, puede decirse que el individuo no goza de una nutrición adecuada o que padece de una mala nutrición, pero este término se aplica tanto al exceso como a la deficiencia. (Trujano y col., 2014)

Es por ello que, en los últimos años, muchos investigadores se han dado a la tarea de realizar nuevas formulaciones que aporten, o al menos lo intenten, beneficios a la salud con los denominados alimentos funcionales, los cuales pueden incluir en su formulación fibras, compuestos antioxidantes, antiinflamatorios, etc., la soya es uno de esos ingredientes que recientemente ha captado la atención de muchos productores de alimentos, ya que diversas investigaciones muestran que tiene un gran aporte de nutrientes y elementos funcionales (Rindner y col., 2006), por lo que se consideró a la soya para la modificación de la formulación de churros tradicionales.

Justificación

Existe consenso acerca de que la obesidad representa un serio problema de salud pública, por lo que se están implementando medidas de prevención e intervención que permitan afrontar los altos costos derivados de una mala alimentación.

La proteína de soya se ha incluido ya en muchos productos alimenticios en México, pero principalmente en diversos programas de alimentación; con el propósito de mejorar el estado nutricional de la población más desprotegida debido a su elevado valor nutricional, el problema es que la mayoría de las personas no están acostumbradas a su consumo, prefiriendo el sabor de la gastronomía mexicana típica que, aunque exquisita, aporta considerables cantidades de grasa saturada y carbohidratos, de ahí la necesidad de poder incluirla en preparaciones tradicionales como lo son los churros.

Problema

La obesidad infantil y adulta se ha convertido en un serio problema de salud pública mundial, el cual tiene a México en el primer lugar.

Las cifras son alarmantes: según la Organización Mundial de la Salud, en el 2003 ya existían en el mundo más de mil millones de personas con sobrepeso y 300 millones con obesidad. En el 2005 la OMS informó de 1 600 millones de adultos con sobrepeso, 400 millones de obesos y al menos 20 millones de menores de cinco años con sobrepeso. Para el 2010 se calculó que alrededor de 40 millones de niños menores de cinco años tenían sobrepeso, a pesar de ello, la oferta de alimentos que aportan poco valor nutricional pero que son ricos en grasas sobre todo saturadas y carbohidratos refinados sigue siendo muy alta y las opciones equiparables, pero más saludables en el mercado son escasas.

Hipótesis

Un alimento tradicional y de gran consumo como lo son los churros, pueden ser modificados para hacerlos más nutritivos sin afectar su aceptación sensorial.

Objetivos

Objetivo General

Elaborar churros a base de soya que cumplan las características nutricionales y sensoriales para el consumidor.

Objetivos específicos

- Elaborar diversas formulaciones, soya-trigo, hasta desarrollar un churro con características sensoriales aceptables.
- Evaluar sensorialmente la formulación para determinar la de mayor aceptación.
- Realizar análisis microbiológicos y físico-químicos (firmeza, humedad, ceniza, proteína y extracto etéreo) a la formulación de mayor aceptación.

Marco Teórico

Hablar de la gastronomía mexicana es hacer un viaje en el tiempo para aprender acerca de los elementos culturales más importantes no solo en la historia de América Latina, sino de todo el mundo. En el año 2010, la UNESCO nombró a la gastronomía mexicana Patrimonio Cultural Intangible de la Humanidad, lo que significa que este organismo de la ONU ha considerado que la cocina mexicana es un modelo cultural que integra no sólo un mecanismo complejo de preparación de alimentos, sino toda una cultura alrededor de la gastronomía la cual contempla, rituales, técnicas y costumbres ancestrales, entre muchos otros elementos (Iturriaga, 2010).

La cocina mexicana finalmente ha destacado en el mundo para reclamar su lugar en nuestros tiempos modernos, pero lo ha logrado respetando sus tradiciones y honrando sus más de 1,000 años de historia. Caminar por esta historia hace que cada platillo sea único y espectacular no solo en términos de sabores y aromas, sino en espíritu e identidad.

La cocina mexicana es más que moles, salsas o tortillas. (Torres y Tobar, 2009). Es algo lleno de sabores e ingredientes de una gran variedad.

Dentro de la gastronomía mexicana, la panadería tiene un lugar muy importante. Es una industria que no sólo ha representado una gran fuente de trabajo, sino también es parte del desarrollo artesanal y empresarial de gran número de mexicanos. Fue instituida por los españoles, grandes consumidores de este producto preparado con trigo, quienes enseñaron a los indígenas a elaborarlo y cuyos resultados están a la vista en la rica variedad de formas y usos (Barros y Buenrostro, 2007).

Sin duda alguna, uno de los productos más famosos y con mucho valor histórico son los postres y la panadería mexicana. Los podemos encontrar de diversos tamaños, colores, sabores, olores, texturas, y de muy variados ingredientes y técnicas en su confección, sean de difícil o fácil elaboración. Sus nombres son de lo más diversificado como, por ejemplo, las “trompadas,” “los borrachitos,” y los “churros” (Zoya, 1995).

Los churros son un postre en forma de espiral cubiertos de canela y azúcar, o en algunos casos rellenos, ya sea de jalea, cajeta o leche condensada. Pero contrario a lo que muchos creen, este delicioso postre no es mexicano, sino español. Los churros tienen una larga y venerada historia, no comienza en España sino en China donde los mercaderes portugueses degustaron por primera vez el *youtiao*, tiras de masa frita dorada y salada consumidas tradicionalmente durante el desayuno. En China, *youtiao* se traduce como “demonio frito en aceite” (Ortega y Martínez, 1987).

En España se perdió esta referencia popular y el churro recibe su nombre de la oveja churra, por el supuesto parecido con sus cuernos. Fueron los pastores españoles quienes popularizaron este plato. Mientras tanto, en los pueblos de España tuvo lugar un intercambio que hizo que el tentempié pasara de ser comida de pastores a convertirse en manjar real. Ya en Sudamérica, el churro continuó evolucionando desde un palo delgado y soso a una especialidad rellena y más gruesa, con variaciones según la región. (Arias, 2004).

Los churros están hechos de una masa compuesta por harina, aceite, azúcar y sal que se introduce en un aparato, por donde salen convertidos en tiras cilíndricas que se fríen en aceite (Barros y Buenrostro, 2007).

En promedio, 100g de churros aportan unas 358 Kcal, así como 4.6g de proteínas, 20g de lípidos y 40g de carbohidratos, siendo un alimentos por tanto, que aporta mucha energía (Muñoz de Chavez y col., 1996), por lo que podría pensarse en que es posible mejorar las propiedades nutricionales de los churros modificando su formulación, para lo cual una buena opción podría ser la sustitución parcial de harina de trigo por harina de soya, ya que la soya, o frijol de soya (*Glycine max*) pertenece a la familia de las leguminosas, aunque por su elevado contenido de aceite se incluye también con las oleaginosas, junto con la canola, el algodón, el girasol, la aceituna y el cacahuate (De Luna, 2007).

Es un cultivo anual de verano, de clima caluroso y húmedo, y sus vainas contienen tres o más semillas que se utilizan de forma industrial para la extracción del aceite y el residuo, o pasta, rico en proteínas, se utiliza para la alimentación humana o animal. En países orientales, como China y Japón, la soya representa desde hace miles de años un ingrediente fundamental en la dieta de un sector muy importante de la población.

Debido a sus propiedades nutritivas, principalmente por sus proteínas, en las últimas décadas ha habido un gran desarrollo científico y tecnológico para su aprovechamiento integral. (Singh y col., 2008).

La producción de proteínas de soya representa una alternativa muy importante para la deficiencia que existe de las proteínas de origen animal, como las de la leche, la carne y el huevo. A la dieta a base de soya se le han adjudicado muchos beneficios para la salud que tienen en las poblaciones de China, Japón y otros países asiáticos. Existe una relación benéfica entre el consumo de la proteína de soya con la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer, osteoporosis y síntomas de la post menopausia. (Badui, 2012). La sustitución de proteína animal por soya reduce de forma significativa los niveles de colesterol, de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y de triglicéridos, y los datos clínicos y epidemiológicos sugieren que es recomendable un consumo diario de 15 a 20 gramos de proteína de soya (Cope, Erdman y Allison, 2008).

Metodología de la Investigación

Se basó en la preparación de unos churros tradicionales, después se desarrollaron varias formulaciones con harina de soya hasta que éstos fueran aceptables por los consumidores.

Se empezó realizando la mezcla de la harina de soya, la harina de trigo, agua y sal, utilizando una manga pastelera para dar forma a los churros, para la cocción se utilizó una freidora (Hamilton Beach, mod. 35200) a temperatura de 190 °C, por un tiempo aproximado de 10 minutos.

Una vez que se obtuvo el producto terminado se prosiguió realizando los análisis sensoriales (prueba hedónica) así como los análisis físico-químicos (cenizas, firmeza, humedad, proteína y extracto etéreo) y microbiológicos (mesofílicos aerobios, coliformes totales y hongos y levaduras) correspondientes.

Tipo de investigación

Investigación experimental descriptiva.

Métodos Teóricos

Los métodos utilizados fueron los descritos en las Normas Oficiales Mexicanas: Proteína por el método de Kjeldahl (NMX-F-608-NORMEX-2002), Humedad por calentamiento en estufa (NOM-116-SSA-1-1994), Cenizas por calcinación (NMX-F-607-NORMEX-2002), Extracto etéreo por Soxhlet (NMX-F-089-S), firmeza por un penetrometro Humboldt, Cuenta de mesofílicos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), Coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994) y Hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994).

Resultados

La evaluación sensorial se realizó mediante una escala hedónica la cual constaba de 5 puntos con la finalidad de determinar la formulación de mayor aceptación según el producto.

Este análisis se llevó a cabo con la participación de 30 panelistas no entrenados de diferentes edades y sexo que degustaron con el fin de evaluar la aceptabilidad o el rechazo del producto.

Se utilizó una boleta en la cual el panelista indicaba del 1 al 5 (1 igual a me disgusta mucho y 5 igual a me gusta mucho) su preferencia en las características de apariencia, sabor, color, olor y textura, después de varias evaluaciones finalmente se llegó a una formulación con promedio de calificación general de 4.23 (entre me gusta y me gusta mucho). Se muestran los resultados en la tabla 1.

Apariencia	Sabor	Color	Olor	Textura
4.4 ±0.16	4.1±0.10	4.1±0.08	4.2±0.03	4.4±0.16

Tabla 1 Resultados de la evaluación sensorial del churro con harina de soya.

Promedio de los 30 panelistas ±DS

De las formulaciones probadas, aquella conteniendo hasta un 70% de adición de harina de soya y 30% de harina de trigo, fue la que recibió la mejor evaluación, siendo los parámetros mejor evaluados la apariencia y la textura, en la figura 1 se puede apreciar la apariencia de los churros seleccionados como de mejor aceptación.

A continuación, se procedió a realizar los análisis físicoquímicos y microbiológicos correspondientes a esta formulación. Los resultados se muestran en la tabla 2.



Figura 1 Apariencia de los churros de mayor aceptación (70% harina de soya/30% harina de trigo)

De acuerdo con lo planteado por la FEN (Federación española de Nutrición (2013) en los churros tradicionales la cantidad de proteína ronda el 4.6% mientras que en los elaborados con harina de soya la cantidad de proteína fue de un 13.5% este resultado prácticamente triplica al de los churros convencionales, y es muy significativo a la hora de hablar de un alimento que tiene un alto índice de consumo en nuestro país. En lo que se refiere a la cantidad de grasa se encontró un 16% mientras que la FEN (2013) reporta un 20%, esto básicamente se debe a que al tener un mayor porcentaje de proteína rápidamente se forma la costra del churro, lo que impediría una posterior absorción de más grasa, adicionalmente, debería tenerse en cuenta que las proteínas provocan una mayor saciación con lo cual se podría disminuir la ansiedad por comer entre comidas que es lo que en muchas personas lleva al sobrepeso e incluso a la obesidad (Sanz y col., 2007).

Es por ello que 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 y col., 2009).

En lo que respecta a la calidad sanitaria del producto elaborado, se concluye que éste es seguro para su consumo desde el punto de vista microbiológico ya que tanto la cuenta de bacterias mesofílicas aerobias como la de coliformes totales y la de hongos y levaduras fueron negativas.

Muestra	Churro de soya	Churro comercial
Humedad %	18.2	34.2
Proteína %	13.5	4.6
Grasa %	16.3	20
Cenizas %	1.9	ND

Tabla 2 Análisis fisicoquímico de los churros de soya comparados contra churros comerciales

Promedio de tres determinaciones

ND No determinado

Conclusiones

Aunque no se encuentren muchas investigaciones referentes a los churros y mucho menos como alimento funcional, de acuerdo a los resultados del presente estudio es posible concluir que se puede modificar la formulación de alimentos considerados típicos de la alimentación mexicana haciéndolos más nutritivos e incluso funcionales (en este caso por la adición de soya que reiteradamente se ha reportado ejerce efectos beneficiosos sobre la salud debido a su contenido de diversos fitoquímicos) y todo esto sin alterar la aceptación sensorial del producto.

El churro desarrollado ofrece un alto aporte protéico y bajo de grasa en comparación con un churro tradicional.

Referencias

- 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.
- Arias J. (2008) Una súbita mirada por la historia de la dulcería en Mexico. España p. 44-55.
- Badui S. (2012) Química de los alimentos, España, Editorial Pearson.
- Balk E. (2005) Effects of Soy on Health Outcomes, 1:126-132.
- Barros, C., Buenrostro, M. (2007). Panadería mexicana: formas con sabor. *Revista Ciencia*, 39-48.
- Cope, M. B., Erdman, J. W. y Allison, D. B. (2008). The potential role of soyfoods in weight and adiposity reduction: An evidence-based review. *Obesity Reviews*, 9(3):219–235.
- De Luna Jiménez, A. (2007). Composición y Procesamiento de la Soya para Consumo Humano. *Investigación y Ciencia*, 37:35-44.
- Henkel J. (2000). Soy: health claims for soy protein, questions about other components. *FDA Consumer*; 34:3.
- Iturriaga, J. (2010). La cocina mexicana patrimonio cultural de la humanidad. *Archipiélago, Revista Cultural de Nuestra América*, 18(70):56.
- Morales A. (2002) Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Salud Publica y Nutricion*, 3:151-172.
- Muñoz de Chávez, M., Roldan Amaro, J. Y cols. Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en Latinoamérica, INNSZ, PAX, México 1996.
- Nieves M, (2007) La alimentación del futuro: Nuevas tecnologías y su importancia en la nutrición de la población, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Venezuela. 20 (2): 108-114.
- Ortega, S., Martinez, (1987), *Cocina típica de Madrid*, Alianza Editorial, pag. 57.
- Ridner, E. (2006) Soja, propiedades nutricionales y su impacto en la salud. 1ª. Ed., Buenos Aires, Argentina, Grupo QSA.
- Sanz B., Herrera E. (2007) la salud y la soja. *Revista editores Medicos* (16): 54-77.
- Sarmiento L. (2006) Alimentos funcionales, una nueva alternativa de alimentación, *Revista Orinoquia* (10).
- Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N., Bawa, A.S. (2008). Functional and Edible Uses of Soy Protein Products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 7:14-28.

Torres N, Tobar A. (2009) la Historia del uso de la soya en Mexico, su valor nutricional y su efecto en la salud. *Salud Publica, Mex*, 51: 246-254.

Trujano, P., De García, M., Nava, C., Limón, G. (2014). Sobrepeso y obesidad en preadolescentes mexicanos: estudio descriptivo, variables correlacionadas y directrices de prevención. *Acta Colombiana de Psicología*. 17 (1): 119-130.

Zolla, Carlos (1995). *Elogio Del Dulce, Ensayo Sobre La Dulcería Mexicana (2ªEd.)*. México: Fondo De Cultura Económica.

<http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/churros.pdf>, consultada el 30 de julio de 2017.

Sistema embebido didáctico de monitoreo inalámbrico de variables físicas para los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas

LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando† y VILLAREAL-ORTÍZ, Alejandro

Recibido 7 de Octubre, 2017; Aceptado 15 de Diciembre, 2017

Resumen

El presente documento reporta el trabajo de la línea de investigación aplicada y desarrollo tecnológico (LIADT) del cuerpo académico de mecatrónica para el desarrollo del diseño de un sistema embebido didáctico para el monitoreo inalámbrico de variables físicas para los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas. El objetivo principal de este proyecto contempla que el estudiante de la (UTNA), durante su proceso académico estudiantil, como técnico superior universitario en Mecatrónica o carrera a fin, sea capaz de implementar sus conocimientos (teóricos en electrónica digital, electrónica analógica, programación, matemáticas y física) para resolver problemas e implementar proyectos relacionados con la automatización y monitoreo de variables de los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas. Además de perfeccionar la habilidad de seleccionar sensores de temperatura humedad, presión y pH, así como tarjetas electrónicas de comunicación inalámbrica que requieran para resolver y/o mejorar los procesos.

Producción, Sustentabilidad, Cebollín, Agua

Abstract

The present paper reports the work of the applied research and technological development line (LIADT) of the academic body of mechatronics for the development of the design of a didactic embedded system for the wireless monitoring of physical variables for industrial, agricultural and Alternating energies. The main objective of this project is that the student of the UTNA, during his student academic process, as a university technician in Mechatronics or a career to finish, could be able to implement his knowledge (theoretical in digital electronics, analog electronics, programming, Mathematics and physics) to solve problems and implement projects related to the automation and monitoring of variables of industrial, agricultural and alternative energy production processes. In addition to perfecting the ability to select humidity, pressure and pH temperature sensors, as well as electronic wireless communication cards that require to solve and / or improve processes.

Production, Sustainability, Green Chives, Water

Citación: LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando y VILLAREAL-ORTÍZ, Alejandro. Sistema embebido didáctico de monitoreo inalámbrico de variables físicas para los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-4:39-46

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El proyecto que se explica a continuación se refiere al diseño de un sistema embebido didáctico, donde los estudiantes elaboren proyectos, el diseño cuenta con un cerebro que se encarga de la toma de decisiones de las señales que generan puertos de entrada, salida (sensores y actuadores), una interfaz de comunicación serial RS232 que permite la interconexión con dispositivos externos, comunicación inalámbrica o de monitoreo como lo pueden ser computadoras, sistemas embebidos con función diferente, puerto para pantalla de cristal líquido en la cual se pueden visualizar las funciones programadas de los proyectos de los estudiantes o monitoreo de los valores de los sensores que se encuentran en una máquina.

Es importante señalar las características con las que cuenta el sistema embebido, así como los lenguajes y compiladores de programación en los que se realizan los programas de control y automatización, mismos que se describen a continuación:

Cuenta con una base que soporta Microcontroladores Microchip de la familia 16, 18 de 40 terminales PIC16F877, PIC18F452 y PIC18F458 que hacen la función de cerebro controlador, una interfaz RS232, 2 interruptores normalmente abiertos, 10 LED's indicadores, 32 terminales de entrada o salida y un interruptor general que alimenta la tarjeta electrónica.

Módulo Xbee Pro s1 60mW serie 1 (802.15.4). con rango de 1500m.

Para contar con una con conexión USB se utiliza Microcontroladores Microchip de la familia 18 de 40 terminales en su versión extendida PIC18F4550, la cual permite programación directa sin programador, haciendo uso de un programa residente que es llamado Bootloader.

Ya que la tarjeta electrónica entrenadora soporta microcontroladores de la familia de Microchips los compiladores disponibles son: Ensamblador para PIC's, C para PIC's, CCS, Microbasic, MikroPascal, MikroC, MikroBasic y Arduino.

En consecuencia se obtiene un dispositivo electrónico flexible que se ajusta a las necesidades de los estudiantes y pequeños empresarios para dar vida a sus proyectos estudiantiles, empresariales y de automatización.

Antecedentes

En los últimos 10 años el mundo de los sistemas electrónicos digitales ha cambiado drásticamente, ante la necesidad de otorgar más funciones para pequeñas aplicaciones y que sean de menor tamaño, estos dispositivos a pesar de no ser muy reconocidos se encuentran en muchas partes, en realidad, es difícil encontrar algún dispositivo cuyo funcionamiento no esté basado en algún sistema embebido, ya que las características de los sistemas embebidos son interactuar con su entorno censando y controlando, directamente señales, comunicarlás con otros dispositivos y realizar Interacción con restricciones de tiempo real con bajo consumo de energía.

En buena parte de las aplicaciones reales como cerebro de un sistema embebido se recurre a un microcontrolador, no obstante los datos también pueden ser procesados mediante un DSP, una FPGA, un microprocesador o un ASIC. El diseño de un sistema embebido usualmente se orienta a reducir su tamaño, su consumo y su costo, aumentar su confiabilidad, mejorar su desempeño, asegurar su determinismo y su tiempo de respuesta, así como de atender la mayor cantidad de tareas posibles.

Desarrollo del proyecto

El proyecto se divide en 3 etapas:

1. Diseñar la placa del circuito impreso con el menor tamaño, organizado de la mejor manera los conectores del Microcontrolador
2. Elaborar un diseño óptimo, eficiente en el tamaño, integrando la interfaz de comunicación serial RS232, USB y la pantalla de cristal líquido.
3. Siguiendo el criterio de eficiencia y tamaño, colocar interruptores y un Display de barra.

El termino Microcontrolador se usa para describir un sistema que está hecho, con componentes que tienen como mínimo un Microprocesador, memoria de programa y dispositivos de entrada y salida. Algunos dispositivos incluyen componentes tales como temporizadores, contadores convertidores analógico - digital. Así, un sistema de Microcomputadora puede ser cualquiera, desde una gran computadora con disco duro, disco flexible, e impresoras, hasta un simple chip controlador embebido (dentro del circuito).

Los Microcontroladores PIC (Controlador de Interfaz Periférico) son una familia de Microcontroladores de tipo RISC (Computadora con un reducido conjunto de instrucciones), fabricados por Microchip Technology Inc (Bates).

Las características del Microcontrolador PIC18f452 se muestran en la tabla 1 y la distribución de las terminales en la imagen 1 (Microchip).

Frecuencia de operación	de 4 a 40 Mhz
Memoria de datos	32K bytes
Memoria de datos EEPROM	1.5K bytes
Fuentes de Interrupción	de 18
Puertos de I/O	5
Timers	4
Modulos PWM	2
Comunicación serial	MSSP, USART
Comunicación Paralelo	1 PSP
Modulo ADC	8 canales
Set de instrucciones	de 75
Encapsulado	40 terminales

Tabla 1

Tabla 1

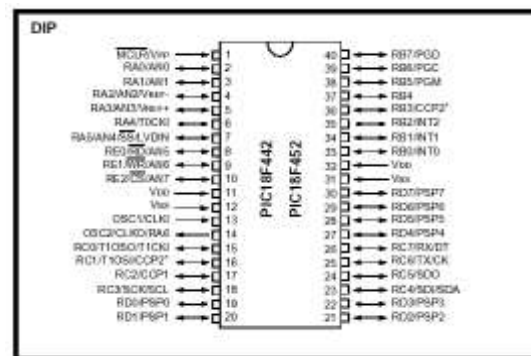


Figura 1

Diseño de la tarjeta electrónica colocando en primera instancia el Microcontrolador PIC18f452 y sus circuitos de comunicación RS232. imagen 2.

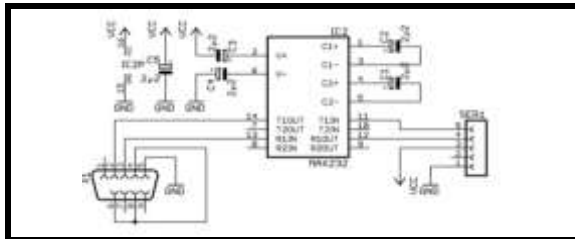


Figura 2

Diseño del circuito impreso de las conexiones del módulo Xbee Pro S1 que se encarga de transmitir los datos vía inalámbrica por protocolo de comunicación RS232 ente una computadora personal y el sistema embebido imagen 3.

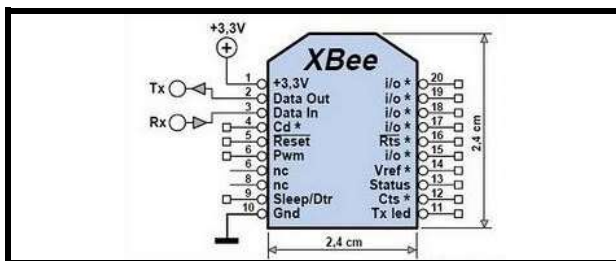


Figura 3

Diseño del circuito impreso, conexiones del lugar donde se coloca la pantalla de cristal líquido Tabla 2.

En el caso de la LCD se encuentra conectada al puerto D del Microcontrolador

PIC18F 452	R D7	R D6	R D5	R D4	R D3	R D2	R D1	R D0
LCD 16x2	D7 *	D6 *	D5 *	D4 *		R W	RS	E

Tabla 2

NOTA: * hace alusión al pin de la LCD y significa Dato 4, 5, 6, 7 y en el caso de microcontrolador significa puerto D nombre del pin RDx.

Tabla 2

Por lo que se utiliza software de aplicación electrónica para la elaboración de tarjeta y se especifican las características de las terminales de la tarjeta entrenadora imagen 4.

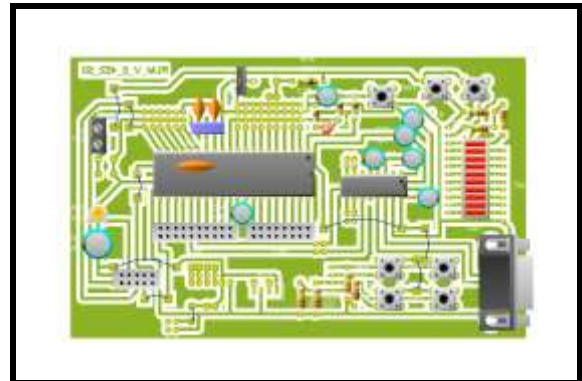


Figura 4

En la imagen 5 se muestra el negativo del PCB del sistema embebido.

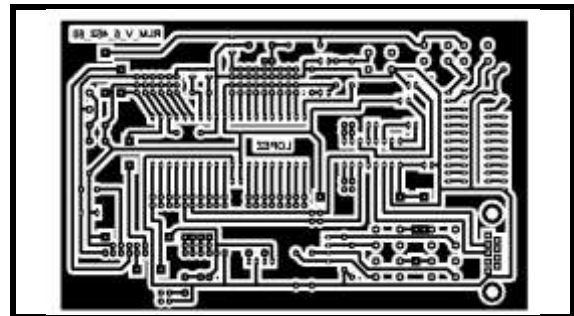


Figura 5 tarjeta entrenadora v5 (sistema embebido)

Materiales y métodos

Elaboración de la tarjeta electrónica entrenadora para el sistema embebido.

Paso 1. Realización de pruebas de funcionalidad en tablilla de conexión.

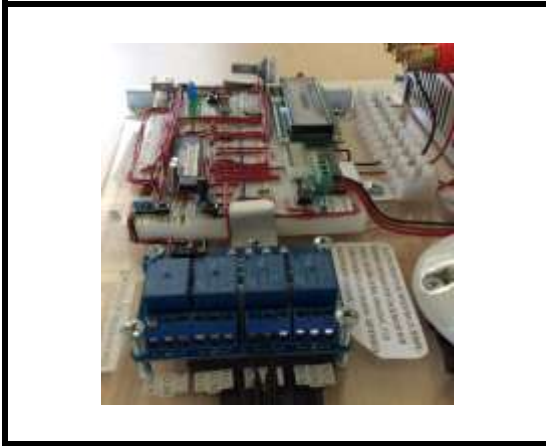


Figura 6

Paso 2. Se efectúa el procedimiento de elaboración de PCB's, generando las venas del circuito en software de aplicación electrónica, se manda a serigrafía el PCB en la placa fenólica y una vez que ya se efectuó lo anterior se procede a sumergir en ácido la placa fenólica, la que eliminara el cobre expuesto y no tocara el cobre que fue pintado en el proceso de serigrafía.

Paso 3. Una vez terminado el proceso de eliminación de cobre se procede a realizar las perforaciones necesarias para colocar los componentes necesarios.

Paso 4. Se procede a colocar y soldar los componentes.



Figura 7

Cantidad	Descripción
1	Base para circuito integrado de 40 pines (removible)
2	Tiras de pines (hembra) sencilla
1	Tira de pines (macho) sencilla
1	LCD 16x2
3	Interruptores (SW) p-p
1	Barra de leds
1	Preset de 10k Ohms
1	Rs232
2	Capacitores de 0.1 microfaradio (cerámico)
2	Capacitores de 22 picofaradios
1	Circuito de 9 resistencias de 330 Ohms
1	Base de 16 pines
5	Capacitores de 1 microfaradio (electrolítico)
1	Cristal de 8 Mhz
1	PIC 18F452
1	Interruptor
1	Terminal con tornillo doble
1	Resistencia de 4700 Ohms
1	Resistencia de 220 Ohms
1	Resistencia de 100 Ohms
1	Capacitor de 47 microfaradios
1	Placa 15x10 cm
2	Módulos Xbee pro S1
1	Fuente de alimentación
1	Sensor de temperatura y humedad

Tabla 3

5. Se efectúa una prueba con la tarjeta entrenadora para verificar el funcionamiento.



Figura 8

Resultados

Elaboración de prácticas de laboratorio y proyectos para alumnos de la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, presentación de proyectos en Texas Instruments de México.

Practica 1

1. Circuito y algoritmo, proyecto de transmisión de variables físicas de biodigestor.

En la tabla 3 se muestra el material necesario para realizar la practica y en la figura 1 se muestran los nombres y las funciones que tiene cada uno de los pines del Microcontrolador PIC18F452 el cual envia el estado de las variables físicas del biodigestor, vía inalámbrica.

La imagen 8 muestra el circuito de comunicación serial, para enviar el estado de las variables de temperatura y humedad relativa por comunicación serial.

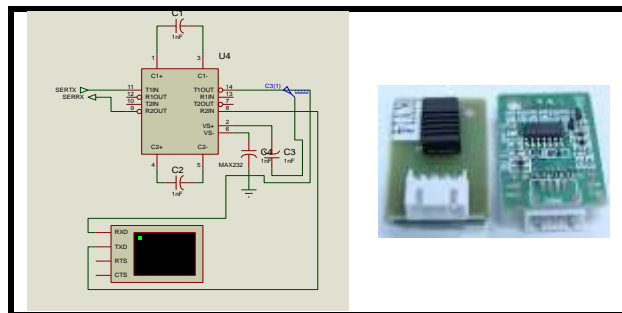


Figura 9

Ciclo máquina es la frecuencia real de ejecución de línea de programa del Microcontrolador, la cual puede variar con respecto a la instrucción que se ejecuta.

Calculo del ciclo máquina el cual se obtiene aplicando la fórmula 1 y al obtener el ciclo máquina podemos obtener el tiempo que tarda una instrucción en ejecutarse, aplicando la fórmula de obtención del periodo.

Datos
 $F=20000000H$
 Fórmula
 $C_m = \frac{F_{ocs}}{4}$
 Sustitución
 $C_m = \frac{20000000H}{4}$
 $= 0000000H$
 Periodo
 $T = \frac{1}{C_m} = \frac{1}{5000000}$
 $= 0.2\mu s$

Formula 1 Desarrollo

Figura 10

Por lo tanto el tiempo que tarda en ejecutar una instrucción es de 0.2 micro segundos dependiendo de la instrucción.

En la figura 3 se muestra el circuito en software de aplicación electrónica (PROTEUS).

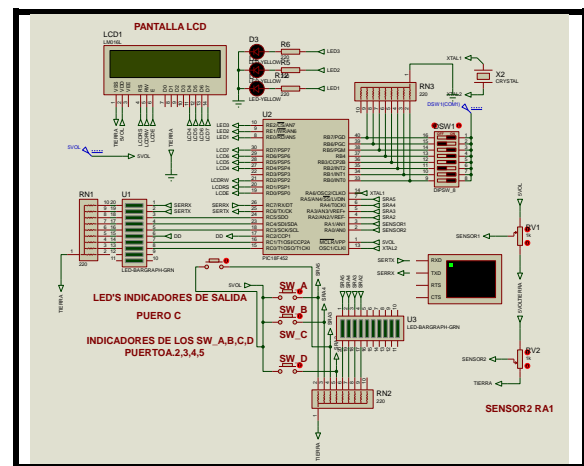


Figura 11

Algoritmos para obtener temperatura y humedad del sensor HMZ433A1

La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en tanto por ciento. %

$$RH = \frac{P_{(H_2O)}}{P^*_{(H_2O)}} \times 100\%$$

La curva característica de un termistor individual puede ser aproximada a través del uso de la ecuación de Steinhart-Hart:

$$1/T = A + B(\ln R) + C(\ln R)^3$$

Donde:

T = Temperatura en °Kelvin

R = Resistencia del Termistor en Kohm

A, B, C = Constante de la curva de aproximación.

Las constantes A, B, y C pueden ser calculadas seleccionando tres puntos de la tabla o curva que acompaña el termistor y resolviendo un sistema de ecuaciones simultáneas de tres incógnitas.

Cálculo de las constantes de la ecuación de Steinhart-Hart se muestra a continuación en la tabla con sus respectivas característica:

TEMPERATURA [°C]	0	10	20	25	30	40	50	60
RESISTENCIA [KΩ]	160.56	98.734	62.328	50	40.356	26.756	18.138	12.554

Tabla 4

Para el cálculo de las constantes se resuelve el sistema de ecuaciones simultáneas de tres incógnitas para los puntos 0°C, 25°C y 50°C. Recuerde que °Kelvin = °C + 273.15.

$$1 + \ln 160.56 + (\ln 160.56)^3 = 1/(0 + 273)$$

$$1 + \ln 50 + (\ln 50)^3 = 1/(25 + 273)$$

$$1 + \ln 18.138 + (\ln 18.138)^3 = 1/(50 + 273)$$

Este sistema de ecuaciones se puede resolver en MATLAB o en una calculadora gráfica, los cuales entregaron el siguiente resultado:

A= 0.00237531 B= 0.00024632 C= 0.00000028
Entonces, la ecuación de Steinhart-Hart para este termistor es:

$$T_C = \left(\frac{1}{0.00237531 + 0.00024632 \ln(R) + 0.00000028 \ln(R)^3} \right) - 273$$

En la figura 11 se muestra la conexión en el sistema entrenador.

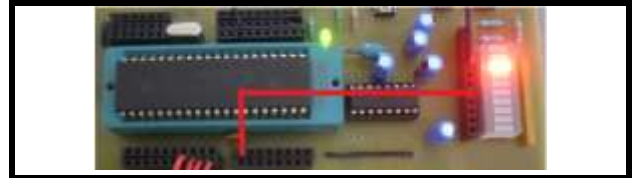


Figura 11

Segmento de Programa en CCS de algoritmos para obtener la temperatura y humedad (Breijo.).

```
//CONFIGURACION PARA EL SENSOR DE
//TEMPERATURA CANAL 0
set_adc_channel(0);
delay_us(10);
VALOR_temperatura = 1024 - read_adc();
RESISTENCIA = (54 *
VALOR_temperatura) / (1024 -
VALOR_temperatura);
lnx = log(RESISTENCIA);
expw = lnx*lnx*lnx;
```

```

    TEMPERATURA_FINAL =
    ((1/((0.00237531) + (0.00024632) * (lnx) +
    (0.00000028) * (expw))) - (273));
    LCD_GOTOXY(1,1);
    LCD_PUTC("TEMPERATURA=");
    LCD_GOTOXY(13,1);

Printf(LCD_PUTC,"%3.0f",TEMPERATURA_
FINAL);
    LCD_GOTOXY(16,1);
    LCD_PUTC("C");
//CONFIGURACION PARA EL SENSOR DE
HEMEDAD CANAL 1
    set_adc_channel(1);
    delay_us(10);
    VALOR_humedad =
    ((read_adc()*5/3.3)/10.2;
    LCD_GOTOXY(1,2);
    LCD_PUTC("HUMEDAD=");
    LCD_GOTOXY(10,2);

Printf(LCD_PUTC,"%3.1f",VALOR_humedad
);
    LCD_GOTOXY(15,2);
    LCD_PUTC("%");

Printf(LCD_PUTC,"%3.1f",VALOR_humedad
);
    Printf("\f HUMEDAD %3.1f POR 100
",VALOR_humedad);
    Printf(" TEMPERATURA %3.0f
GRADOS C",TEMPERATURA_FINAL);
    ZX=19.0;

```

Presentación de proyectos Texas Instruments Aguascalientes



Figura 12

Conclusión

Al término del diseño del Sistema Embebido se realizaron 5 tarjetas de prueba y una 3era de las 2 primeras se utiliza para prácticas de laboratorio en las asignaturas de Sistemas Digitales, y Microcontroladores donde los alumnos adquieren habilidades de construcción y programación de sistemas embebidos, la tercera es el prototipo para el desarrollo de proyectos estudiantiles proyectos relacionados con la automatización y monitoreo de variables de los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas.

Referencias

- [1]Bates, Martin P., Programming 8-bit PIC microcontrollers in C: with interactive hardware simulation. Newnes. ISBN: 978-0-7506-8960-1
- [2]hoja de datos del PIC18F2455/2550/4455/4550 consultada en www.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf
- [3]Eduardo Garcia Breijo., Compilador C CCS y simulador protrus para microcontroladores PIC. Primera edición, ISBN978-970-15-1397-2

Aslamiento de bacterias benéficas de suelo del Cerro del Culiacán, Guanajuato. Una Área Natural Protegida

GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela*†, RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, VELÓZ-GARCÍA, Rafael Alejandro y DÍAZ-PÉREZ, César

Universidad de Guanajuato, Avenida Ing. Javier Barros Sierra 201, 38140 Celaya, Gto.

Recibido 11 de Octubre, 2017; Aceptado 15 de Diciembre, 2017

Resumen

Las Áreas Naturales Protegidas constituyen una gestión ambientalmente responsable de los gobiernos y la sociedad en su conjunto para la conservación de la biodiversidad. En la actualidad se está deforestando en el estado de Guanajuato las especies de mezquite (*Prosopis laevigata*) y encino (*Quercus rugosa*) utilizadas como leña y carbón. Las bacterias benéficas del suelo con la capacidad de ser promotoras de crecimiento en plantas, son un grupo de bacterias que pueden mejorar el desarrollo de las plantas de forma directa proporcionando nutrientes o de forma indirecta como protección contra organismos patógenos. En el presente trabajo se realizó el aislamiento de bacterias suelos árboles de mezquite y encino del cerro del Culiacán, Salvatierra. Se aislaron 100 cepas y se probaron 21 cepas en plantulas de cilantro (*Coriandrum sativum*), germinación con semilla de pepino (*Cucumis sativus*) y se confrontaron con hongos fitopatógenos. Las cepas que presentaron un mejor efecto en la planta y en la confrontación con los hongos fitopatógenos fueron las UG-V-023 y UG-V-01.

Bacterias, Áreas Naturales Protegidas, Suelo

Abstract

The declarations Protected Natural Areas are an environmentally responsible management of governments and society as a whole for the conservation of biodiversity, it seeks to ensure the ecological balance for the continuity of evolutionary and environmental processes of ecosystems. Today is being deforested in the state of Guanajuato species of mesquite (*Prosopis laevigata*) and oak (*Quercus rugosa*) used as firewood and charcoal. The promoting growth rhizobacteria in plants, are a group of several genera of bacteria that can increase plant growth. In this paper the isolation of promoting promoting growth rhizobacteria in soils mesquite trees (*Prosopis laevigata*) and oak (*Quercus rugosa*) in the Cerro de Las Cruces, Salvatierra was performed. About 100 strains were isolated and tested in cilantro (*Coriandrum sativum*), seed germination of cucumber (*Cucumis sativus*) and confrontation with phytopathogenic fungi. The strains that showed a better effect on the ground and in the confrontation with the plant pathogenic fungus were the UG-V-023 and UG-V-01.

Bacterias, Natural Protected Area, Soil

Citación: GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela, RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, VELÓZ-GARCÍA, Rafael Alejandro y DÍAZ-PÉREZ, César. Aslamiento de bacterias benéficas de suelo del Cerro del Culiacán, Guanajuato. Una Área Natural Protegida. *Revista de la Invención Técnica* 2017. 1-4:47-55

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: be.gomez@ugto.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

Áreas Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas son las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas (CONANP, 2015). Para el Instituto Estatal de Ecología, las Áreas Naturales Protegidas son las zonas del territorio estatal en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o bien requieren ser preservados o restaurados, y en el caso concreto de las catalogadas como áreas de Uso Sustentable, tiene por objeto producir bienes y servicios que respondan a las necesidades económicas, sociales y culturales de la población, con base en el aprovechamiento sustentable de usos compatibles, al ubicarse en zonas que comprenden cuencas hidrológicas, recursos forestales y elementos de flora y fauna silvestre, en la que existen desarrollos agropecuarios, potencial recreativo y poblaciones rurales (IEE, 2015). El cerro del Culiacán y la Gavia presentan especies vegetales de bosque de encino, selva baja caducifolia y matorral crasicaule, y cumplen una importante función en la recarga del sistema acuífero por la presencia de material altamente permeable constituido por basaltos fracturados a través de los cuales se originan flujos horizontales que alimentan los valles contiguos, satisfaciendo las necesidades de agua para los diferentes usos de la población. Uno de los principales problemas en el área es la deforestación, causada principalmente por cambios de uso de suelo, uso de árboles para leña, carbón y elaboración de artesanías, también ganadería extensiva, afectaciones por plagas e incendios forestales (IEEG, 2015).

La superficie que comprende el APN es de 32,664.04 ha, de las cuales 2,383.09 hectáreas se ubican en el municipio de Celaya que representa el 7.25%; 18,437.30 ha pertenecen al municipio de Cortázar lo que representa el 56.44%; 2,541.05 ha al municipio de Jaral del Progreso que corresponde al 7.77%; 9,174 ha al municipio de Salvatierra el 28.0% y 128.32 ha al municipio de Tarimoro le que corresponde al 0.39 % (Rincón, 2015).

Biofertilizantes

Una estrategia agrobiotecnológica para mejorar la producción vegetal de forma más amigable con el medio ambiente es el uso de biofertilizantes. Los biofertilizantes, bioactivadores y biocontroladores son preparados de microorganismos aplicados a suelo y/o planta con el fin de sustituir de forma parcial o totalmente la fertilización derivada de compuestos sintéticos o minerales. Dentro de los microorganismos utilizados en los biofertilizantes se encuentran las bacterias y hongos o productos derivados de estos, se agregan desde la siembra de la semilla inducen su germinación para luego colonizar la raíz, en donde al transformar sus exudados radicales en sustancias promotoras de crecimiento vegetal causan un efecto similar a las fitohormonas, esto quiere decir que a mayor proliferación de los pelos radiculares se incrementa una mejor y eficiente absorción mineral como Nitrógeno, Fósforo, Hierro, Potasio, etc (Villegas-Espinoza, 2014). Es importante indicar que los microorganismos hongos o bacterias empleados como biofertilizantes o sus productos se encuentran de manera natural en el suelo, sin embargo, pueden estar en baja población y al agregarlos de forma externa lograr aumentar el efecto benéfico.

De las ventajas que tiene en el uso de biofertilizantes comparado con el uso de fertilizantes de síntesis química están: permitir una producción vegetal a bajo costo, protección del medio ambiente, mantienen la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad (Grageda-Cabrera, et al., 2012; Martínez-Romero, et al., 2013).

Bacterias promotoras de crecimiento

Las rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas son un grupo de bacterias que habitan en la raíz de las plantas y suelo adherido a ésta, este espacio es conocido como rizósfera (Cassán et al., 2009). En la rizósfera se producen una variedad de ácidos orgánicos que pueden ser metabolizados por las rizobacterias.

Las bacterias asociadas con la rizósfera de las plantas son capaces de generar varios mecanismos por los cuales afectan positivamente su crecimiento y desarrollo. De acuerdo con varios autores (Ahmad et al., 2006) se conocen mecanismos directos e indirectos para la promoción del crecimiento vegetal. Los mecanismos directos se relacionan con la producción de fitohormonas de tipo auxinas y giberelinas o la regulación de la producción de hormonas por parte de la planta. Así mismo pueden afectar la disponibilidad de nutrientes por la intervención directa en los ciclos biogeoquímicos. Indirectamente las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal pueden contribuir mediante la inducción de la resistencia sistémica a fitopatógenos, el control biológico de enfermedades, la producción de antibióticos y de sideróforos (Glick, 1995 y Esquivel-Cote et al., 2013).

Este grupo de bacterias benéficas incluye diversos generos y especies, están presentes como simbioses o de vida libre.

Justificación

Las actividades humanas agricultura, ganaderia, comercio, cambio de uso de suelo, industria y extensión de las ciudades pueden ser una amenaza a la extensión de las zonas naturales, pensando que será progreso y desarrollo de las comunidades; sin embargo también es sumamente importante conservar y restaurar las zonas naturales ya que estas amortiguan los cambios en el clima, retienen agua, purifican el aire y son el habitat de gran número de especies de aves, animales y plantas de los cuales también se obtiene bienes y servicios. Los recursos naturales que mantienen estas zonas son realmente muy valiosos calidad del aire, retención de agua y suelos fértiles ricos en materia orgánica y comunidades microbianas asociadas a la vegetación del lugar que tienen un papel importante en el funcionamiento del ecosistema de estas zonas y una adecuada cobertura vegetal conserva el lugar del deterioro por factores climáticos y amortigua el impacto de las actividades humanas. Ante este panorama es importante planear estategias de conservación, recuperación y uso adecuado de estas zonas que son fuente potencial de productos biotecnológicos. Entre los productos varios de uso biotecnológico esta gran diversidad de plantas con uso etnomédico y en el suelo también una diversidad de microorganismos benéficos asociados a la vegetación que pueden ser utilizados para recuperar especies del lugar o para producción vegetal en general.

Problema

La expansión y desarrollo de las ciudades y comunidades ejercen una presión sobre las extensiones de los territorio denominados como zonas naturales, al igual que otras actividades antropocéntricas como es la agricultura, ganaderia e industria.

Estas actividades traen en consecuencia pérdida de la biodiversidad (plantas, animales, hongos y microorganismos), contaminación y pérdida de recursos naturales como son agua y suelo y mala calidad del aire. Ante esta situación es requerido pensar en planes de desarrollo sustentables para la conservación, recuperación y uso de los recursos naturales a mediano y largo plazo. Planterar estrategias de cooperación entre academia, sociedad y autoridades es requerida para mantener y hacer uso responsable de los recursos naturales.

Hipótesis

Las zonas naturales se han mantenido por muchos años generando microclimas que favorecen su conservación, asociada a la vegetación de cada zona natural se establecen microorganismos benéficos que propician el desarrollo vegetal y presentan un potencial biotecnológico.

Objetivos

Objetivo General

Determinar el efecto de las rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas aisladas de zonas naturales y conocer la función ecológica de las rizobacterias nativas de suelos de zonas naturales para la conservación y recuperación de varias zonas naturales.

Objetivos específicos

- Aislar de la rizósfera de árboles de zonas naturales cepas bacterianas que muestren actividad de promotoras de crecimiento de plantas en medios selectivos.

- Llevar a cabo la caracterización microscópica, fisiológica y metabólica de los aislados, determinando la presencia de metabolitos involucrados en la promoción del crecimiento de plantas, en medio de cultivo.
- Probar los efectos de promoción de crecimiento en plantas en biomasa y producción de raíz, con las cepas nativas con características de promotoras de crecimiento de plantas.
- Determinar la capacidad de las cepas con actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos.

Marco Teórico

El suelo es un ecosistema con una gran variedad y cantidad de microorganismos benéficos. La fracción del suelo donde influye la proliferación de estos microorganismos por la presencia del sistema de raíces de las plantas se le conoce como rizósfera (Cassán et al., 2009). Se muestra el espacio de suelo 5mm, raíz de las plantas y los microorganismos asociados, Figura 1.

En la rizósfera existe un flujo de compuestos orgánicos producto de la fotosíntesis que son exudados por la raíz. Estos son determinantes para la selección del tipo de bacterias y hongos que existen en la rizósfera de cada planta, ya que las especies microbianas difieren en su capacidad para metabolizar y conseguir distintas fuentes de carbono. También hay algunos exudados radiculares que tienen la capacidad de seleccionar microorganismos al preferir algunas especies, lo que aumenta la capacidad competitiva de los que han sido seleccionados. Estos exudados son metabolitos secundarios entre los cuales destacan aminoácidos, nucleótidos, carbohidratos, ácidos grasos, vitaminas, alcaloides, flavonoides entre muchos otros.

Mediante investigaciones realizadas se ha podido comprobar que la actividad de la población de la rizósfera parece ser entre dos y cuatro veces más elevada que la del resto del suelo (Marschner, P., et al., 2004; Lugtenberg, B. y Kamilova F., 2009).

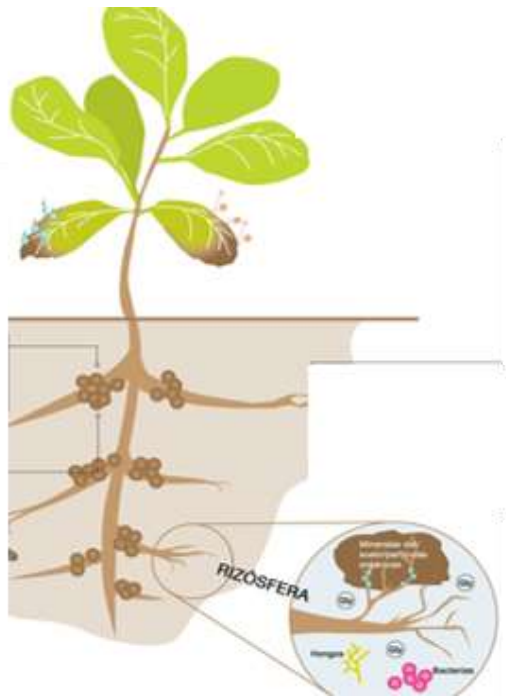


Figura 1 Rizósfera, espacio de suelo adherido a la raíz e influenciado por los metabolitos producidos por la raíz y los microorganismos asociados a la raíz de la planta.

Ciertos microorganismos del suelo pueden incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Otros producen compuestos, tales como vitaminas, hormonas y antibióticos que contribuyen a la salud vegetal y a la obtención de altos rendimientos agrícolas. Siendo estas las bacterias edáficas benéficas de vida libre o simbióticas que se denominan Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas o PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria).

Esta clasificación se da por la promoción de crecimiento y/o reducción de las enfermedades producidas por patógenos (Antoun H. y Prévost D., 2005).

Las bacterias asociadas con la rizósfera de las plantas son capaces de generar varios mecanismos por los cuales afectan positivamente su crecimiento y desarrollo. De acuerdo con varios autores (Ahmad et al., 2006) se conocen mecanismos directos e indirectos para la promoción del crecimiento vegetal. Los mecanismos directos se relacionan con la producción de fitohormonas de tipo auxinas y giberelinas o la regulación de la producción de hormonas por parte de la planta. Así mismo pueden afectar la disponibilidad de nutrientes por la intervención directa en los ciclos biogeoquímicos. Indirectamente las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal pueden contribuir mediante la inducción de la resistencia sistémica a fitopatógenos, el control biológico de enfermedades, la producción de antibióticos y de sideróforos (Camelo, R. M. y et al., 2011).

Metodología de Investigación

Muestreo de suelo

Se seleccionaron dos árboles mezquite (*Prosopis laevigata*) y encino (*Quercus rugosa*) para la toma de muestra de suelo de la rizósfera a una profundidad de 15 cm, ubicada en la comunidad “Las Cruces” con coordenadas geográficas, 20° 55’ 5” latitud Norte, 100° 58’ 38” longitud Oeste, con una altura promedio sobre el nivel del mar de 2160 metros, en Salvatierra, Guanajuato. En cada uno de los árboles se tomaron 2 muestras de suelo, el muestreo se realizó el día 20 de Junio de 2015.

Aislamiento y purificación de bacterias promotoras de crecimiento de plantas

Las muestras de suelo se utilizaron para aislar bacterias en medio selectivo para actividad de la encima ACC (1-acido carboxílico -1- amino ciclopropano) desaminasa (Penrose y Glick, 2003), el cual contiene las sales minerales del medio Dworkin y Foster cuya composición por litro es la siguiente: 4 g KH_2PO_4 , 6 g NaHPO_4 , 0.2 g MgSO_4 , 1 mg FeSO_4 , 10 mg H_3BO_3 , 10 mg MnSO_4 , 50 mg CuSO_4 , 10 mg MoO_3 , 70 mg MgSO_4 , glucosa 0.2%, ácido glucónico 0.2%, ácido cítrico 0.2% y agar bacteriológico al 2% y ACC 3 mM (Sigma) como única fuente de nitrógeno. Se incubaron a 28°C por 5 días. Las bacterias que presentaron actividad de ACC desaminasa (crecimiento en el medio selectivo) se procedió a purificarlas en medio PDA, por la técnica de estría cruzada y se caracterizaron por Tinción de Gram.

Prueba de desarrollo de la planta

Se probaron 21 cepas de las bacterias aisladas en el efecto del crecimiento en plántulas de cilantro (*Coriandrum sativum*) y de rábano (*Rabhanus sativus*), a las plantas se le midió la altura de la planta y el número de hojas.

Prueba de germinación

Se probaron 21 cepas para prueba de germinación de semillas de pepino (*Cucumis sativus*).

Prueba de control biológico

A los 21 aislados seleccionados se les realizó una prueba de antibiosis contra hongos fitopatógenos. En este caso usamos *Bipolaris sp.* La prueba duro 6 días y se monitoreaba cada 24 horas.

Resultados

Aislamiento de bacterias promotoras de crecimiento de plantas

De los 100 aislados con actividad ACC desaminasa se seleccionaron 21 cepas a las cuales del realizamos tinción de Gram, de los cuales obtuvimos: 19 Gram (+), que presentaron forma de bacilos UG-V-091, UG-V-054, UG-V-104, UG-V-093, UG-V-056, UG-V-104, UG-V-10, UG-V-097, UG-V-06, UG-V-07, UG-V-023, UG-V-043, UG-V-043, UG-V-051, UG-V-024, UG-V-019, UG-V-091, UG-V-024, UG-V-10 y 2 Gram (-) UG-V-032, UG-V-035 [Figura 2].

Prueba de desarrollo de la planta

Se calculó el promedio de crecimiento de 10 réplicas de cada tratamiento para Cilantro (*Coriandrum sativum*). La altura de las plantas en el tratamiento con agua fue de 6.2 cm, el tratamiento con fertilizante fue de 6.5 cm, en el caso de las cepas UG-V-023 de 7.2 cm y UG-V-01 de 7.7 cm la altura fue mayor la comparado con los tratamientos de agua y el fertilizante, las cepas UG-V-010 de 6.5 cm, UG-V-019 de 6.5 cm, UG-V-056 de 6.7cm, UG-V-06 de 6.6 cm, UG-V-07 de 6.7 cm, presentaron altura similar al fertilizante. La cepa UG-V-024 de 6.2 cm obtuvo el mismo valor que el control agua [Figura 3]. Las plantas de rábano (*Rabhanus sativus*) también presentaron efecto positivo por el efecto de la inoculación de las bacterias que mostraron diferencia con el control agua (6.6 cm) e incluso con el fertilizante (7.0), su promedio de crecimiento fue cepas UG-V-043 7.4 cm, UG V-051 7.2 cm, UG-V-035 7.0 cm, estos son los que obtuvieron mayor promoción de crecimiento. El número total de las hojas fue de 4 en todos los tratamientos.

Prueba de germinación

Se obtuvo un mejor efecto en las semillas inoculadas con las cepas seleccionadas en comparación con las semillas control que solo fueron inoculadas con caldo de papa estéril, después de 24 horas se obtuvo un 100% de germinación en las semillas inoculadas con la cepa UG-V-01, donde el control solo obtuvo un 80% de germinación [Figura 3]. Además aumento en el porcentaje de germinación, también se apreciaron mayor formación de pelos radiculares y reducción en tiempo de germinación [Figura 4].

Prueba de control biológico

Los resultados obtenidos en esta prueba nos demuestran que la mayoría de los 21 aislados seleccionados presentaron características que ayudan a inhibir o prevenir el efecto de los hongos fitopatógenos [Figura 5].

Por observación de la distancia del crecimiento radial del hongo y el espacio intermedio entre el desarrollo del hongo y el crecimiento de la bacteria, se agruparon por efecto de mayor efectividad, medio y sin ningún efecto. Las cepas con mayor actividad antifúngica fueron UG-V-01, UG-V-023, UG-V-037 y UG-V-032. Las cepas con actividad media de inhibición fueron: UG-V-024, UG-V-07, UG-V-06, UG-V-10, UG-V-024, UG-V-019, UG-V-056, UG-V-051, UG-V-054, UG-V-035, UG-V-104, UG-V-091, UG-V-104, UG-V-097 y UG-V-091. Las cepas sin ningún efecto contra el hongo fitopatógeno fueron: UG-V-043 y UG-V-035.

Algunos aislados presentaron capacidades tanto de promoción de crecimiento en las plantas probadas en este trabajo, determinado por la altura y desarrollo de la raíz, como de control biológico frente a un hongo fitopatógeno. capacidades de promotoras de crecimiento por los dos mecanismos directo e indirecto.

Pueden ser adecuadas para utilizar en un programa de recuperación y conservación de Áreas Naturales Protegidas.

Conclusiones

Actualmente el uso de microorganismos del suelo, ha tomado gran relevancia debido a su aplicación en la en producción de plantas con especial importancia de las plantas de interés agronómico para mejorar el abastecimiento de alimentos, cada año con más demanda de ellos. Sin embargo se comienza a trabajar el uso de los microorganismos de suelo también en la recuperación y conservación de Áreas Naturales Protegidas y más aún con soporte en datos experimentales demostrando sus aportaciones en relación con la disponibilidad de nutrientes, capacidad de degradación de la materia orgánica, fitohormonas, así como la interacción simbiótica de las plantas con bacterias y hongos con sus múltiples beneficios, son alternativas más amigables con el medio ambiente. Con los aislados de cepas de bacterias promotoras de crecimiento de plantas que se tienen en colección se podrán proponer biofertilizantes, biocontroladores y bioactivadores que van a proporcionar un beneficio a la planta y al ecosistema. La gran biodiversidad de ecosistemas con que cuenta el país puede contener una gran variedad de productos biotecnológicos para usos desde las mismas plantas y en salud humana y animal con la obtención de derivados de compuestos con aplicación en medicina.



Figura 2 Crecimiento de colonias de cepas de bacterias en medio selectivo con ACC.



Figura 3 Efecto de las bacterias promotoras de crecimiento de plantas seleccionadas en cilindro.



Figura 4 Muestra de germinación de semillas de pepino tratadas con las bacterias promotoras de crecimiento seleccionadas.

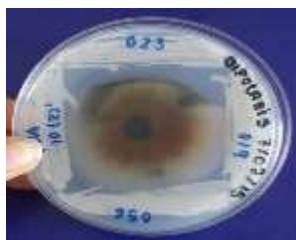


Figura 5 Muestra de formación de pelos radiculares, al germinar las semillas tratadas con las bacterias promotoras de crecimiento seleccionadas.



Figura 6 Efecto de control biológico por las bacterias promotoras de crecimiento seleccionadas.

Referencias

Ahmad, F., Ahmad, I. y Khan, M.S. (2006). Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiological Research*, 163, 173 – 181.

Antoun, H., Beauchamp, C.J., Goussard, N., Chabot, R. y Lalande, R., (1998). Potential of Rhizobium and Bradyrhizobium species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: effect on radishes (*Raphanus sativus* L.). *Plant and Soil*, 204, 57 – 67.

Camelo, M., Vera, S. P. y Bonilla, R. R. (2011). Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista CORPOICA. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 159–166.

Cassán, F., Perrig, D., Sgroy, V., Masciarelli, O., Penna, C. y Luna, V. (2009). *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max*L.). *European Journal of Soil Biology*, 45(1), 28 – 35.

Dirección de Comunicación y Cultura para la Conservación, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 17 de Julio de 2015 <http://www.conanp.gob.mx/regionales/>

Glick, B. R. (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41:109-117.

Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., Vera-Nuñez, A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(6): 1261-1274.

Esquivel-Cote, Rosalba; Gavilanes-Ruiz, Mariana; Cruz-Ortega, Rocío; Huante, Pilar. (2013). Importancia Agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en Rizobacterias, Una Revisión. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3)251-258.

Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 17 de Julio de 2015.

<http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/areas-naturales-protegidas>.

Lugtenberg, B. y Kamilova, F. (2009). Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 63, 541 – 566.

Martínez-Romero, E., López-Guerrero, M.G., Ormeño-Orrillo, E., Morales, A.C. (2013). Manual teórico-práctico, Los Biofertilizantes y su uso en la Agricultura. SAGARPA-COFUPRO-UNAM. 15-22.

Marschner, P., Crowley, D.E. y Yang C.H. (2004). Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type. *Plant and Soil*., 261, 199 – 208.

Rincón R. R. (2015). Actualización del programa de manejo del área natural protegida “Cerros el Culiacán y la Gavia” (2015). Instituto de Ecología del Estado, pp 637.

Villegas-Espinoza, J. A., Rueda-Puente, E. O., Murillo-Amador, B., Puente, M. E., Ruiz-Espinoza, F. H., Zamora-Salgado, S. y Beltrán Morales, F. A., (2014). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. vol.5 no.6 Texcoco ago./sep.

Determinación de la resistencia eléctrica interna de una celda Peltier comercial

SOBERANES-FLORES, Gonzalo*†

Universidad Politécnica del Valle de Évora, Carretera 500 S/N, 81670 Leopoldo Sánchez Celis,

Recibido 11 de Octubre, 2017; Aceptado 14 de Diciembre, 2017

Resumen

El objetivo del presente trabajo es mostrar un procedimiento sencillo y fácil de aplicar, para determinar la resistencia interna de una celda Peltier comercial, y al mismo tiempo, se determina cómo esta resistencia se ve afectada por el cambio de temperatura de dicha celda. La resistencia interna junto con el coeficiente de Seebeck son los parámetros básicos para conocer el comportamiento de una celda Peltier y poderla utilizar en desarrollo de cualquier proyecto. Para obtener la resistencia interna se utiliza la celda Peltier Modelo TEC-112715 con un disipador de calor en cada lado, se determina el valor del coeficiente de Seebeck, se realizan mediciones de temperatura en ambos lados de la celda por medio de termopares, se toman mediciones de voltaje en las terminales de la celda y al aplicar el procedimiento indicado en este artículo, se obtiene el valor de la resistencia eléctrica interna como una función lineal de la temperatura de la celda.

Celda Peltier, coeficiente de Seebeck, resistencia eléctrica, enfriador termoelectrico, TEC

Abstract

The objective of the present paper is to show a simple and easy to apply procedure to determine the internal resistance of a commercial Peltier cell and at the same time, it is determined how this resistance is affected by the temperature change of said cell. The internal resistance together with the Seebeck coefficient are the basic parameters to know the behavior of a Peltier cell and to be able to use it in any project development. To obtain the internal resistance, the Peltier cell Model TEC-112715 is used with a heat sink on each side, the value of the Seebeck coefficient is determined, temperature measurements are made on both sides of the cell by means of thermocouples, voltage measurements are taken at the terminals of the cell and by applying the procedure indicated in this article, the internal electrical resistance value is obtained as a linear function of the cell temperature.

Peltier cell, Seebeck coefficient, electrical resistance, thermoelectric cooler, TEC

Citación: SOBERANES-FLORES, Gonzalo. Determinación de la resistencia eléctrica interna de una celda Peltier comercial. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-4:56-62

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: Fernando.lopez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

Al realizar el diseño de un equipo electrónico donde se requiera el control de la temperatura, puede ser muy conveniente utilizar una celda Peltier o enfriador termoeléctrico (TEC), ya que estos ofrecen algunas ventajas comparados con los equipos con compresor, como el hecho de que, al no tener partes móviles, son libres de ruido y de vibraciones, generalmente son más pequeños y livianos, además de ofrecer mejor control, fiabilidad y precisión (Abdollahpour Maryam, 2014). Sin embargo, es muy importante conocer el comportamiento exacto de la celda Peltier antes de utilizarlas en algún diseño. Para esto necesitamos saber el valor del coeficiente de Seebeck y de la resistencia eléctrica interna de la celda.

Justificación

Algunos fabricantes no proporcionan los valores de coeficiente de Seebeck ni de resistencia eléctrica interna de la celda Peltier y los fabricantes que sí los proporcionan, publican solo valores aproximados, por lo tanto, es importante tener un método para determinar estos valores.

Problema

Los métodos utilizados para determinar el coeficiente de Seebeck y la Resistencia eléctrica de la celda Peltier requieren de armar complicados arreglos experimentales para mantener los lados de la celda en ciertos valores constantes de temperatura (Yamaguchi et al. 1997). Por lo tanto, se necesita un método que sea práctico y fácil de aplicar, sin necesidad de armar un complicado arreglo experimental.

Hipótesis

Es posible utilizar la diferencia de temperatura que se forma entre las caras de la celda Pelier al paso de una corriente eléctrica, para determinar sus parámetros básicos, como coeficiente de Seebeck (Soberanes F. 2017) y la resistencia eléctrica interna de la celda.

Objetivos

Objetivo General

Presentar un procedimiento práctico para determinar la resistencia eléctrica interna en una celda Peltier comercial.

Objetivos específicos

- Mostrar la aplicación práctica de un método en el cuál se utiliza la diferencia de temperatura que se crea entre las caras de una celda Peltier al hacer pasar una corriente eléctrica, para determinar la resistencia eléctrica de dicha celda.
- Exponer cómo la resistencia eléctrica de la celda Peltier se ve afectada por la temperatura a la cual se encuentra la celda.

Marco Teórico

Una celda Peltier o enfriador termoeléctrico (TEC), es un componente electrónico basado en semiconductor que al aplicarle un voltaje de corriente directa trabaja como una pequeña bomba de calor (Tauc Jan, 1962). Esta bomba moverá el calor a través de la celda de un lado al otro, por lo tanto, uno de sus lados se enfriará mientras el otro se calentará simultáneamente.

Hay cinco principales procesos físicos que toman lugar en el funcionamiento de una celda Peltier: la *Convección térmica* que es determinada por la conductividad térmica y la geometría de los elementos de la celda, el *efecto Joule* que es el proceso de disipación de calor en los elementos resistivos, el *efecto Peltier* que es el fenómeno de absorción (o disipación) de calor en la unión de dos materiales diferentes, cuando una corriente eléctrica fluye a través de esta unión, el *efecto Seebeck* que es un proceso por el cual el calentamiento (o enfriamiento) en la unión de dos materiales diferentes genera un potencial eléctrico en dicha unión y en menor medida el *fenómeno Thompson* que es descrito por el coeficiente Thompson (Lineykin y Yaakov, 2005).

Procedimiento experimental

Para tomar las mediciones presentadas en este trabajo, se utilizó un arreglo como el mostrado en el diagrama de la figura 1. Se utilizó la celda Peltier comercial Modelo TEC-112715, se le colocó un disipador de calor a cada lado de la celda y para tomar la temperatura en ambos lados de la celda, en cada disipador se colocó un termopar lo más cerca posible del centro de la celda y se aplicó pasta térmica para una mejor conducción del calor, además se colocó un voltímetro en las terminales de la celda para realizar mediciones de voltaje y se utilizó una fuente para alimentar con corriente directa la celda.

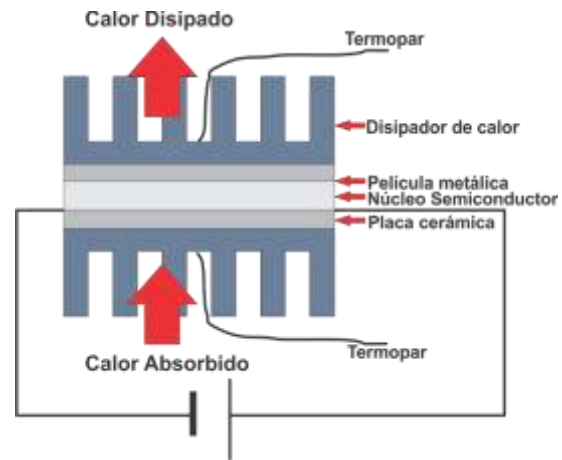


Figura 1 Arreglo de celda Peltier con disipadores de calor, termopares y fuente de voltaje.

Fuente: Soberanes Flores, 2017.

Datos Experimentales

Se toman mediciones de temperatura en ambos lados de la celda y mediciones de voltaje en sus terminales cada segundo. La fuente se ajusta para que proporcione 5.0 Amperes, se enciende a los 5 segundos de haber iniciado las mediciones y se apaga a los 237 segundos, pero las mediciones se continúan hasta los 320 segundos.

Con los datos tomados, mediante el uso del software MATLAB, se obtiene la gráfica de la Figura 2, donde se muestra la temperatura en el lado caliente y frío de la celda. Se puede observar que al encender la fuente rápidamente se produce una diferencia entre los valores de temperatura de los lados de la celda y al apagar la fuente esta diferencia tiende a desaparecer. En la Figura 3 podemos ver con más detalle esta diferencia de temperatura (ΔT) obtenida como la diferencia de la temperatura en el lado caliente y en el lado frío de la celda.

$$\Delta T = T_{\text{ladoCaliente}} - T_{\text{ladoFrio}} \quad (1)$$

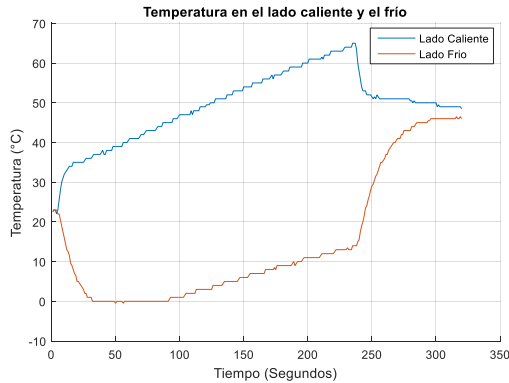


Figura 2 Temperaturas medidas en ambos lados de la celda.

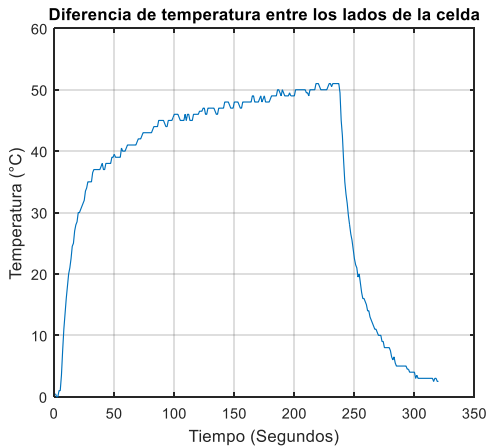


Figura 3 Diferencia de temperatura entre el lado caliente y frío de la celda (ΔT).

Los datos del voltaje medido en las terminales de la celda Peltier se muestran en la Figura 4. Aquí podemos resaltar dos hechos:

- Cuando la fuente está encendida se observa un claro aumento en el voltaje. Recordando que la fuente está ajustada a 5.0 Amperes.
- Al apagar la fuente se mantiene un voltaje en las terminales de la celda, el cual va disminuyendo lentamente.

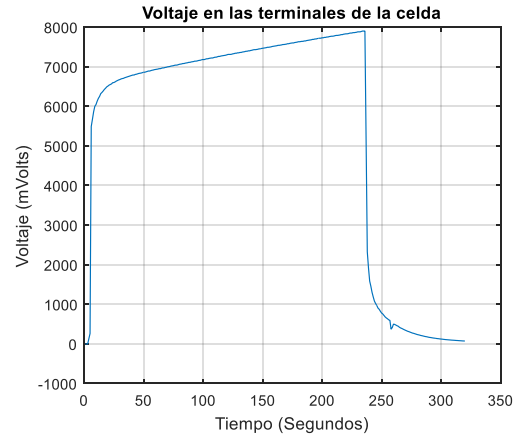


Figura 4 Voltaje medido en las terminales de la celda (U_t).

El voltaje que se observa en las terminales de la celda al apagar la fuente se debe al efecto de Seebeck, el cual se produce al existir una diferencia entre la temperatura de ambos lados de la celda y podemos ver como este efecto disminuye al disminuir esta diferencia en los valores de temperatura. Mientras que el aumento en el voltaje cuando la fuente está encendida se debe tanto al efecto de Seebeck como al cambio de la resistencia interna de la celda, la cual se ve afectada por la temperatura de la celda.

Desarrollo del Método

El voltaje medido en las terminales de la celda (U_t), cuando la fuente está encendida, es la suma del voltaje proporcionado por la fuente (U_f) y el voltaje producido por el efecto de Seebeck (U).

$$U_t = U + U_f \quad (2)$$

Para determinar la resistencia interna de la celda (R_{int}) se aplicará la ley de Ohm:

$$R_{int} = U_f / I_f \quad (3)$$

Donde I_f es la corriente eléctrica proporcionada por la fuente (5.0 A).

Pero antes se debe separar el voltaje de la fuente del voltaje de Seebeck. Para esto primero obtenemos el coeficiente de Seebeck (α). Utilizando el método presentado en Soberanes Flores (Soberanes F., 2017), se obtiene $\alpha = 34.0 \text{ mV}/^\circ\text{K}$, y como el voltaje por efecto Seebeck esta dado como

$$U = \alpha \Delta T \tag{4}$$

Donde α es una constante y ΔT se tiene de la Figura 3, por lo tanto, se obtiene para el voltaje por efecto Seebeck (U), la gráfica mostrada en la Figura 5

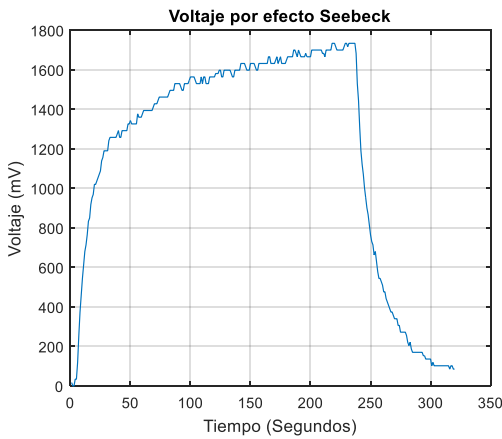


Figura 5 Voltaje producido por efecto Seebeck en las terminales de la celda(U).

Ahora quitando del voltaje medido en las terminales de la celda (U_t , Figura 4) el voltaje producido por efecto Seebeck (U , Figura 5), se obtiene el voltaje proporcionado por la fuente (U_f), mostrado en la Figura 6.

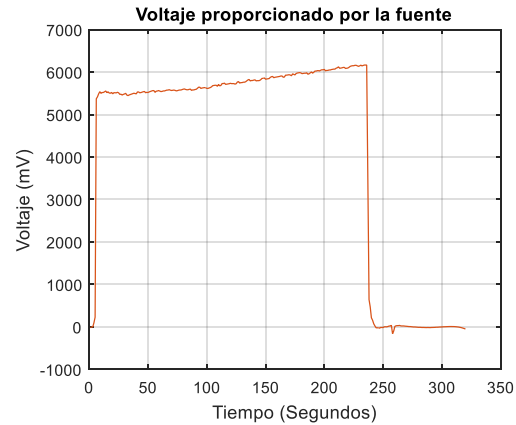


Figura 6 Voltaje proporcionado por la fuente a la celda Peltier(U_f).

Ahora, aplicando la ecuación (3) a los valores mostrados en la Figura 6, pero solo a aquellos obtenidos cuando la fuente está encendida, se obtiene la resistencia interna de la celda (R_{int}), como se muestra en la figura 7.

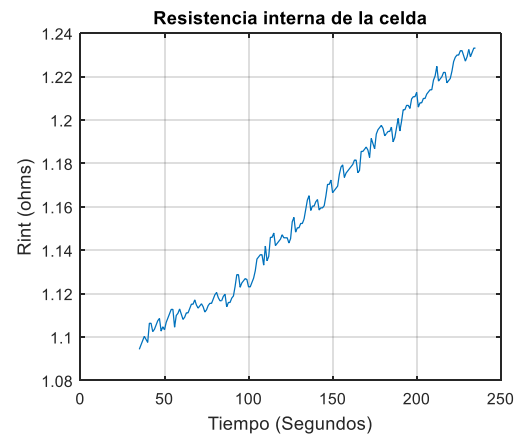


Figura 7 Resistencia interna de la celda Peltier(R_{int}).

En la Figura 7 se observa que la resistencia eléctrica de la celda Peltier no presenta un valor constante, sino que se ve un incremento de este. Para explicar este efecto, se plantea que se debe al aumento en la temperatura de la celda, y para mostrarlo, se toma como la temperatura de la celda, su temperatura promedio, debido a que los lados de la celda tienen diferente valor de temperatura.

$$T_{prom} = (T_{lodoCaliente} + T_{lodoFrio})/2 \quad (5)$$

Aplicando la ecuación (5) se obtiene la gráfica de la Figura 8, y al compararla con la gráfica de la Figura 7, se puede observar una gran similitud, lo cual indica que, al aumentar la temperatura de la celda, provoca un aumento en la resistencia eléctrica de esta.

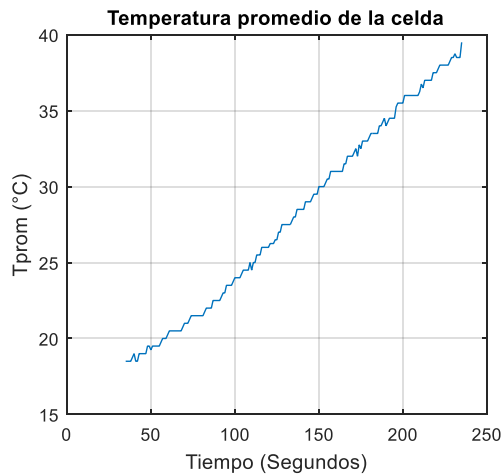


Figura 8 Temperatura promedio de la celda Peltier (T_{prom}).

Para conocer en qué proporción la temperatura de la celda afecta su resistencia eléctrica, se realiza una gráfica de la resistencia eléctrica interna (R_{int}) contra la temperatura de la celda (T_{prom}), obteniéndose la gráfica de la Figura 9.

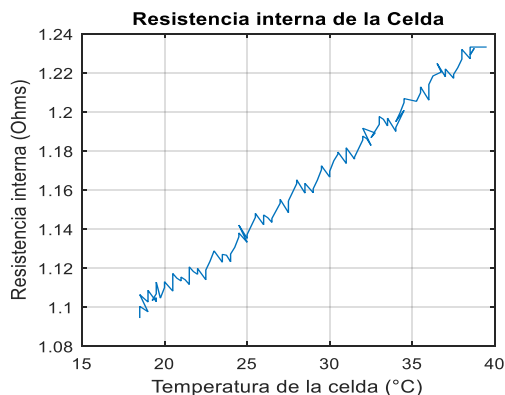


Figura 9 Resistencia eléctrica interna con respecto a la temperatura.

Con esta gráfica se muestra que la Celda Peltier bajo consideración, presenta un coeficiente positivo de temperatura y por lo tanto su resistencia puede estar representada por una ecuación de la forma:

$$R_{int} = A + B * T_{prom} \quad (6)$$

Donde A (Ω) y B ($\Omega/^\circ\text{C}$) son las constantes de la ecuación lineal.

Resultados

Las constantes A y B de la ecuación (6), se obtienen rápidamente realizando un ajuste de la gráfica que se presenta en la Figura 9, mediante un polinomio de grado 1, utilizando la herramienta de MATLAB, como se muestra en la Figura 10.

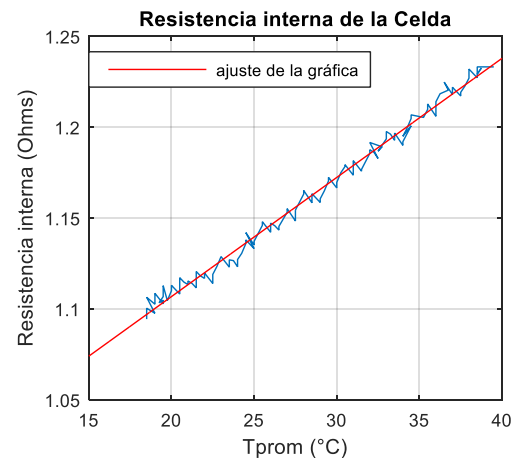


Figura 10 Ajuste mediante polinomio grado 1 de la resistencia interna con respecto a la temperatura.

De este ajuste se obtienen los siguientes valores:

$$A = 0.9756 \Omega \text{ y } B = 0.0066 \Omega/^\circ\text{C}$$

Sustituyéndolos en la ecuación (6) tenemos:

$$R_{int} = 0.9756 + (0.0066 * T_{prom}) \quad (7)$$

Conclusiones

En este artículo se presentó un método y su aplicación práctica para determinar la resistencia eléctrica de una celda Peltier comercial, utilizando para ello la diferencia de temperatura que se forma entre sus lados al hacer pasar una corriente eléctrica a través de la celda. Se mostró cómo la resistencia eléctrica de la celda Peltier se ve afectada por la temperatura a la cual se encuentra la celda. Se determinó que la resistencia eléctrica de la celda presenta un coeficiente positivo de temperatura y se obtuvieron las constantes de la ecuación lineal que caracteriza su resistencia eléctrica.

Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad Politécnica del Valle del Évora, por la ayuda otorgada a través de algunos de sus programas de apoyo presupuestal.

Referencias

Abdollahpour, Maryam. “*Design of an Experiment to Calibrate a Peltier Element and Measuring Thermal Conductivity*”, Tesis de Maestría, 2014, Eastern Mediterranean University, Famagusta, Norte de Chipre.

S. Yamaguchi, H. Nakamura, K. Ikeda, T. Sakurai, I. Yoshida, S. Tanuma, S. Tobise, K. Koumoto, H. Okumura. “*Peltier current lead experiments with a thermoelectric semiconductor near 77 K*”, XVI International Conference on Thermoelectrics, 1997. Pag. 1-4.

Soberanes Flores G. “*Determinación del coeficiente de seebeck en una celda peltier comercial*”, Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Fresnillo 2017, Febrero 2017. Pag. 1691-1694.

Tauc, J. “*Photo and Thermoelectric effects in semiconductors*”, Pergamon Press, New York-Oxford-London-Paris, 1962.

Lineykin, S. y Ben-Yaakov, S. “*Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules*”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 43, No. 2, Marzo-Abril 2007. Pag. 505 – 512.

Instrucciones para autores

[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)

Keywords

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

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Artículo. Título de la Revista. 2017, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para autores

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]

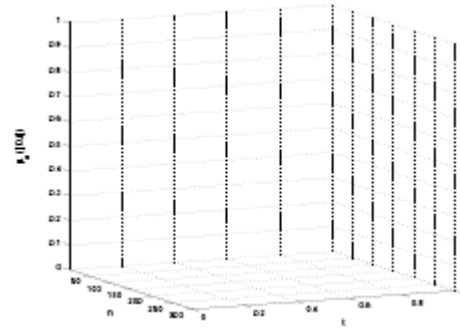


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

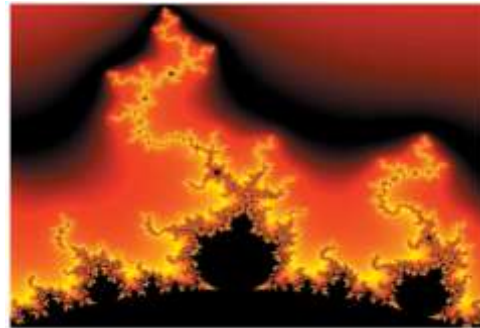


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

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 Titulo 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 y 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

Referencias

Formato de Originalidad



Taipei-Taiwan 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



Taipei-Taiwan 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- Taiwan 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- Taiwan 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 la Invención Técnica

“Prótesis MIO-ELECTRICA“

NARVÁEZ-MURILLO, René Ulises, LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando y LÓPEZ-REYES, Fernando Octavio

Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes

“Caracterización de la calabaza criolla “Cucurbita lundelliana” F-TIR y absorción atómica“

SOSA-MEDINA, Alicia, HERNÁNDEZ-VÉLEZ, Rosa Margarita, ANTONIO-CRUZ, Rocío del C. y ARELLANO-CÁRDENAS, Sofía

Instituto Tecnológico de Villahermosa

“Efecto del pH y la temperatura sobre la liberación de la bacteriocina producida por *Pediococcus acidilactici* ITV 26 encapsulada en una matriz de alginato-almidón“

JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés, ESPEJO-BAYONA, Diana Laura y LUGO-DAMIÁN, Hepziba Noemi

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

“Desarrollo de churros a base de soya (*Glycine max*) “

PÉREZ-ARCE, Jessica Mireya, NAVARRO-CRUZ, Addi Rhode, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martín y OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique

Universidad Autónoma de Sinaloa

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

“Sistema embebido didáctico de monitoreo inalámbrico de variables físicas para los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas”

LÓPEZ-MARTÍNEZ, Rolando y VILLAREAL-ORTÍZ, Alejandro

“Aslamiento de bacterias benéficas de suelo del Cerro del Culiacán, Guanajuato. Una Área Natural Protegida”

GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela, RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, VELÓZ-GARCÍA, Rafael Alejandro y DÍAZ-PÉREZ, César

Universidad de Guanajuato

“Determinación de la resistencia eléctrica interna de una celda Peltier comercial”

SOBERANES-FLORES, Gonzalo

Universidad Politécnica del Valle de Évora

