



UNELLEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
EZEQUIEL ZAMORA
UNELLEZ**

REVISTA CIENTÍFICA MANGÍFERA



Fondo Editorial
Universidad Ezequiel Zamora

ISSN 26650010

Volumen 3

Enero-Diciembre 2020



REVISTA CIENTIFICA *MANGÍFERA*

Volumen 3 Enero-Diciembre 2020
Revista arbitrada

ISSN 26659070

Depósito Legal N°CO2017000005

Periodicidad: Anual

latindex

La REVISTA CIENTIFICA *MANGÍFERA* constituye un órgano divulgativo del Programa Ciencias del Agro y del Mar de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ) - Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales (VIPI), Cojedes, Venezuela. La revista posee un carácter científico y humanístico, orientada a promover la investigación, la reflexión y la generación de conocimientos en las Ciencias del Agro y del Mar con sus áreas afines. Se presenta como una publicación anual, que tiene como prioridad al desarrollo agroindustrial del estado Cojedes lo que conlleva a la integración vertical desde el campo hasta el consumidor final de todo el proceso de producción de alimentos u otros rubros de consumo basado en la agricultura sustentable. De igual forma, enfoca sus investigaciones en el control de los procesos agroindustriales en los contextos: nacional, latinoamericano y mundial. Los artículos a publicarse en la revista deben ser originales. Las contribuciones son seleccionadas una vez sometidas al arbitraje y a las exigencias de las normas de la revista.

Revista disponible en: <http://revistas.unellez.edu.ve/revista/>

The SCIENTIFIC MAGAZINE *MANGÍFERA* constitutes an informative organ of the Program Sciences of the Agriculture and the Sea of the National Experimental University of the Western Plains Ezequiel Zamora (UNELLEZ) - Vicerrectorado of Infrastructure and Industrial Processes (VIPI), Cojedes, Venezuela. The journal has a scientific and humanistic character, oriented to promote research, reflection and generation of knowledge in the Sciences of Agriculture and the Sea with its related areas. It is presented as an annual publication, which has as a priority to contribute to the agro-industrial development of the Cojedes state which leads to vertical integration from the field to the final consumer of the entire process of food production or other consumption items based on sustainable agriculture. In the same way, it focuses its research on the control of agro-industrial processes in the contexts: national, Latin American and worldwide. The articles to be published in the journal must be original. The contributions are selected once submitted to the arbitration and to the requirements of the standards of the journal.

Magazine available in: <http://revistas.unellez.edu.ve/revista/>



Editora

Dra. Lleylsmar Crespo Durán

Directora

Dra. María Eugenia Paredes

Comité Editorial:

Dr. Miguel Torrealba
UNELLEZ- Venezuela

Dr. Luis Ojeda
UC- Venezuela

Dr. Wilmer Salazar
UNELLEZ- Venezuela

Dra. Marinela Barrero
UCV- Venezuela

MSc. Jesús Farfán
UNELLEZ- Venezuela

Dr. Carlos Lameda
UNEXPO-Venezuela

Dra. Elodia M Soteldo
UNEXPO- Venezuela

Dr. Luis Chaparro
UCLA- Venezuela

Dr. Julio C Camejo
UNESR- Venezuela

Dra. Blanca M Barrios
UNEFA- Venezuela

Dra. Andrea Marín
UNEFA- Venezuela

MSc. Lizzi A Martínez
UNESR- Venezuela

Diagramación: *Dr. Gabriel Cravo*

Diseño y digitalización de la portada: *Dr. Gabriel Cravo*

Dirección: Programa Ciencias del Agro y del Mar. Carretera vía Manrique km 4
UNELLEZ. San Carlos-Edo. Cojedes. Teléfono: 0258-4331412.

Email: revistamangifera@gmail.com / revistamanguifera@gmail.com



AUTORIDADES DE LA UNELLEZ

Dr. Alberto José Quintero
Rector

MSc. Coromoto Sánchez
Secretaria General

MSc. Erasmo Cadenas Pérez
Vice-Rector de Servicios

Dra. Aurora Acosta
Vice-Rectora de Planificación y Desarrollo Social
Barinas, estado Barinas

MSc. Job Joani Jurado Guevara
Vice-Rector de Producción Agrícola
Guanare, estado Portuguesa

Dr. Gustavo Jaime
Vice-Rector de Infraestructura y Procesos Industriales
San Carlos, estado Cojedes

Dra. Marys Orasma
Vice-Rectora de Planificación y Desarrollo Regional
San Fernando de Apure, estado Apure

Dra. María Andueza
Secretario Ejecutivo de Creación Intelectual

Dra. Ana Iris Peña
Directora de Estudios Avanzados

MSc. Carmelina Lanza
Directora de Vinculación Socio-Comunitaria

Dra. Zoleida Lovera
Directora Gerente-Feduez

Ph.D. Denys Luz Molina
Directora de Innovación Curricular

AUTORIDADES DEL VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y PROCESOS INDUSTRIALES UNELLEZ-COJEDES

Dr. Gustavo Jaime
VICERRECTOR DE ÁREA

Dra. María E Paredes
JEFE PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR

MSc. Nakhary Mendoza
JEFE PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS

Dra. Yarith Navarro
JEFE PROGRAMA CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS

MSc. Ángela Rendo
JEFE PROGRAMA CIENCIAS JURÍDICAS Y POLÍTICAS

MSc. Andrea Meléndez
JEFE PROGRAMA CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y HUMANIDADES

MSc. Gheila Peralta
JEFA DEL PROGRAMA CIENCIAS DE LA SALUD

Abog. Lorena Galindez
JEFE PROGRAMA TINAQUILLO

MSc. Carolina Varela
JEFE PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS

MSc. Loreines González
SECRETARIA CONSEJO ACADÉMICO

Dr. Antonio Flores
COORDINADOR DE CREACIÓN INTELECTUAL

MSc. Yadira Flores
COORDINADOR DE VINCULACIÓN SOCIO-COMUNITARIA

AUTORIDADES DEL PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR UNELLEZ-COJEDES

Dra. María E Paredes
JEFE PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR

Ing. Anny Flores
JEFE SUBPROGRAMA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

MSc. Nelson Nieves
JEFE SUBPROGRAMA TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Ing. Alberto García
JEFE SUBPROGRAMA TECNOLOGÍA AGROINDUSTRIAL

MSc. Anabella Arvelo
JEFE SUBPROGRAMA INGENIERIA EN PRODUCCION ANIMAL

Mv. Kenia Escalona
COORDINADOR MEDICINA VETERINARIA

MSc. Evelyn Pérez
JEFE SUBPROGRAMA PESCA CONTINENTAL

Prof. Nancy Bolivar
JEFE SUBPROGRAMA INGENIERÍA FORESTAL



CONTENIDO

Artículo N°1. El Mango (<i>Mangifera indica</i>). Producción, Importancia Nutracéutica y Potencial Antimicrobiano.....	12
Artículo N°2. Efecto de la Irradiación Uv-c Sobre las Características Físicoquímicas, y Microbiológicas en Mango Mínimamente Procesado.....	24
Artículo N°3. Identificación de Compuestos Volátiles en el Café Verde del Municipio Sucre del Estado Portuguesa Venezuela.....	38
Artículo N°4. Contenido de Fenoles y Actividad Antibacteriana de un Extracto de <i>Guazuma ulmifolia</i>	47
Artículo N°5. Evaluación y Optimización Vía Simulación de Atributos Sensoriales del Pan Especial con Yuca Adicionado del Hidrocoloide Xantán.....	58
Artículo N°6. Uso de Enzimas en la Industria Galletera	71
Artículo N°7. Avances en el Análisis y Control de Dioxinas en Alimentos.....	81
Artículo N°8. Usos Medicinales de las Hojas de <i>Psidium guajava</i> L. “Guayaba”.....	94
Artículo N°9. Mejoras en el Proceso de Production Industrial de Químicos para Limpieza Mediante el Uso de Prácticas Esbeltas.....	106
Artículo N°10. Estudio de Diferentes Formulaciones de Yogurt Orgánico Doña Godina.....	119



CONTENT

Article.Nº1. The Mango (<i>Mangifera Indica</i>). Production, Nutraceutical Importance and Antimicrobial Potential.....	12
Article.Nº2. Effect of uv-c Irradiation on Physicochemical, and Microbiological Characteristics in Minimally Processed Mango.....	24
Article.Nº3. Identification Of Volatile Compounds In The Green Coffee Of The Sucre Municipality Of The Portuguesa State Venezuela.....	38
Article Nº4. Content Of Phenols And Antibacterial Activity Of An Extract Of <i>Guazuma Ulmifolia</i>	47
Article Nº5. Evaluation And Optimization Via Simulation Of Sensory Attributes Of The Special Bread With Added Cassava Xantan Hydrocolloid.....	58
Article Nº6. Use Of Enzymes In The Cookie Industry.....	71
Article Nº7. Advances In The Analysis And Control Of Dioxins In Food.....	81
Article Nº8. Medicinal Uses Of The Leaves Of <i>Psidium Guajava L.</i> “Guayaba”.....	94
Article Nº9. Improvements In The Industrial Production Process Of Chemical Products For Cleaning Through The Use Of Lean Practices.....	106
Article Nº10. Study Of Different Formulations Of Doña Godina Organic Yogurt.....	119




EDITORIAL

A lo largo de los años, el ser humano se ha preocupado por tratar de mejorar sus condiciones de vida, lo que le ha permitido apuntar hacia la búsqueda de evidencias que le faciliten la interpretación de los hechos que le rodean. En este sentido, el transformar su entorno, haciendo uso de nuevas técnicas, referencias y enseñanzas propias de las actividades intelectuales y experimentales muestran las necesidades de los investigadores, los cuales buscan, de manera ordenada ampliar en el futuro las posibles innovaciones y desarrollos tecnológicos; que favorezcan su paso por el mundo.

Hechas las observaciones anteriores, el investigar en el área agroindustrial les permite a los autores la posibilidad de mostrar los grandes avances y desarrollos tecnológicos que han incrementado el conocimiento y han mejorado las etapas que sigue un producto desde que es cultivado, los procesos y las fases por las que ha de transitar, con el fin de llegar en el mejor estado conservando su color, sabor, propiedades, características nutritivas y organolépticas, así como el impacto que pueden generar en la salud humana.

En este sentido, entre las contribuciones específicas que han motivado la edición de este volumen de la revista, se encuentra en primer lugar el interés por conocer algunos aspectos relacionados con la producción, propiedades nutraceuticas y potencial antimicrobiano de la fruta tropical de mayor producción a nivel mundial, después de las cítricas, como lo es el mango, la cual se ha caracterizado no solo por ser una fuente nutricional, sino también por las propiedades medicinales de otras estructuras vegetales de esta planta (hojas, tallos, flores y semillas), que la posicionan como una fuente de compuestos bioactivos para el tratamiento de distintas patologías.

Asimismo, el segundo artículo muestra los efectos de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, y microbiológicas en mango mínimamente procesado, destacando que este tipo de tratamiento puede ser




considerado como una herramienta complementaria a la refrigeración y al envasado para preservar la calidad organoléptica y nutricional, y aumentar la comercialización de alimentos mínimamente procesados.

Por su parte, el tercer artículo refleja la importancia que ofrece la caracterización de los compuestos volátiles en el café verde, debido a que dichos compuestos en el café son los responsables del aroma y se encuentran en pequeñas cantidades en el grano de café verde y por efecto del tostado su contenido se ve incrementado.

A su vez, el cuarto artículo centra su atención en especificar la cantidad de compuestos bioactivos (fenoles totales y flavonoides), presentes en el extracto del fruto de *G. ulmifolia*, considerando que tanto dicho fruto como las hojas y corteza del guácimo son empleados tradicionalmente en la elaboración de remedios caseros para tratar algunas afecciones comunes como fiebres, disentería, diarreas, inflamaciones, entre otros padecimientos, de allí que resulte de gran importancia conocer su efecto antimicrobiano sobre el crecimiento de una cepa *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) y una *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 700603).

Al mismo tiempo, el quinto artículo plantea la evaluación y optimización del efecto del hidrocoloide xantán y la sustitución de la harina de trigo por harina de yuca, sobre los atributos sensoriales de un pan especial de yuca. En este propósito, desde el punto de vista de la teoría del desarrollo de nuevos productos alimenticios, es importante conocer las características sensoriales de este tipo de pan, debido a que las mismas permitirán el diseño de la formulación más adecuada, con la finalidad de que pueda recibir la aceptación de los consumidores.

Por otra parte, el sexto artículo muestra evidencias significativas de las ventajas que genera el uso de enzimas en la industria galletera, destacando la acción de las proteasas, por



su utilidad en la producción de harinas para galletas tipo crackers, donde no se desea elasticidad del gluten.

Seguidamente, el séptimo artículo presenta una descripción general de avances científicos actualizados en el análisis y control de dioxinas en alimentos, examinando los principales métodos de cuantificación que se emplean en la actualidad y destacando entre ellos la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas de alta resolución, en vista que es un método con alta sensibilidad y bajos límites de detección que permite cuantificar moléculas remanentes de este tipo, con una alta selectividad, lo cual proporciona una clara diferenciación frente a otras sustancias interferentes.

Posteriormente, el octavo artículo exhibe la importancia que desde el punto de vista medicinal tiene la especie *Psidium guajava L.*, conocida coloquialmente como “Guayaba”, de forma más específica, sus hojas cuya composición química, es rica en compuestos bioactivos tales como fenoles, flavonoides, quercetina, saponinas, carotenoides, ácido ascórbico, entre otros, lo que le otorgan propiedades terapéuticas importantes, por lo que han sido utilizadas en diferentes partes del mundo, para tratar empíricamente enfermedades de diversas índoles.

Adicionalmente, el noveno artículo muestra los beneficios de la aplicación de los principios de la manufactura esbelta en los procesos de producción industrial específicamente en el área de químicos para limpieza, entre los que resaltan la reducción de elementos improductivos, conocidos como desperdicios, despilfarros o pérdidas, con la finalidad de disminuir los costos y agregar valor a la cadena productiva.

Por su parte, el décimo artículo concentra su atención en el estudio y evaluación de diferentes formulaciones para un yogurt, a fin de establecer el mejor tratamiento que garantice la mayor aceptabilidad por parte del consumidor, con la mayor durabilidad posible

sin emplear aditivos. En este propósito, se utilizó para las formulaciones borjój, piña y zapallo.

Finalmente, en esta publicación como es costumbre hacemos llegar nuestro sincero reconocimiento a los autores de cada artículo por la confianza que han depositado en *Mangifera*, como medio para dar a conocer sus valiosos avances científicos.

Editora y Directora



**EL MANGO (*Mangifera indica*). PRODUCCIÓN, IMPORTANCIA
NUTRACEÚTICA Y POTENCIAL ANTIMICROBIANO**

**(THE MANGO (*Mangifera indica*). PRODUCTION, NUTRACEUTICAL
IMPORTANCE AND ANTIMICROBIAL POTENTIAL)**

Nirza Noguera-Machado, Luis Ojeda-Ojeda.

Universidad de Carabobo "UC". Instituto de Investigaciones Biomédicas Dr. "Francisco Javier Triana
Alonso" (BIOMED-UC), Venezuela.

nnoguera1@uc.edu.ve / lojeda2@uc.edu.ve.

Recibido: 03-05-2020/ Aceptado: 14-10-2020

RESUMEN

En vista de la importancia agronómica, nutricional y etnomedicinal del mango (*Mangifera indica*), se decidió realizar una investigación documental sobre esta planta. Para ello, se utilizaron como referencias trabajos científicos actualizados y datos publicados por organismos competentes, con el objetivo de abordar aspectos relacionados con la producción, propiedades nutraceuticas y su potencial antimicrobiano. Se evidenció que a nivel mundial y nacional los volúmenes de producción, así como la superficie cultivada, son grandes; lo que demuestra su importancia agrícola y comercial. Por otra parte, el aporte energético de 60 kcal por cada 100g de pulpa, así como su contenido de fibra, grasas, proteínas, vitaminas y minerales, lo ubican como un alimento completo desde una perspectiva nutricional. En lo que se refiere a sus propiedades antimicrobianas, es atribuida principalmente a compuestos antioxidantes de naturaleza fenólica, presentes en las diferentes estructuras de la planta, tales como: mangiferina, catequinas, quercetina, antocianinas, taninos, ácido gálico, entre otros. También se observó que el etanol fue solvente utilizado con mayor frecuencia para elaborar los extractos, ya que de acuerdo con los investigadores consultados, éste posee las mejores propiedades para solubilizar dichos compuestos fenólicos. Entre las especies más sensibles destacan: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans* (levadura), las cuales están asociadas a innumerables infecciones en humanos y animales. Estos hallazgos refuerzan con base científica el conocimiento empírico popular, la medicina tradicional y representan una alternativa para una población con limitaciones de recursos, lo que motiva a profundizar investigaciones en este campo.

Palabras Clave: mango, mangiferina, extractos antimicrobianos.

SUMMARY

In view of the agronomic, nutritional and ethnomedical importance of the mango (*Mangifera indica*), it was decided to carry out a documentary investigation on this plant. For this, updated scientific works and data published by competent organizations were used as references, with the aim of addressing aspects related to production, nutraceutical properties and its antimicrobial potential. It was evident that at world and national level the production volumes, as well as the cultivated area, are large; which shows its agricultural and commercial importance. On the other hand, the energy contribution of 60 kcal per 100g of pulp, as well as its fiber, fat, protein, vitamin and mineral content, place it as a very complete food from a nutritional perspective. Regarding its antimicrobial properties, it is mainly attributed to antioxidant compounds of a phenolic nature, present in the different structures of the plant, such as: mangiferin, catechins, quercetin, anthocyanins, tannins, gallic acid, among others. It was also observed that ethanol was the solvent most frequently used to make the extracts, since according to the researchers consulted, it has the best properties to solubilize said phenolic compounds. Among the most sensitive species are: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans* (yeast), which are associated with countless infections in humans and animals. These findings scientifically support popular empirical knowledge, traditional medicine and represent an alternative for a population with limited resources, which motivates further research on the subject.

Keywords: mango, mangiferin, antimicrobial extracts.

EL MANGO (*Mangifera indica*)

Las plantas son fuente no sólo de alimentos, sino también de innumerables compuestos bioactivos útiles para el hombre. El mango (*Mangifera indica*) ha demostrado ser, además de una fuente de nutritivos y deliciosos frutos, una planta con diversos usos medicinales, incluyendo la capacidad biocida frente a diversos agentes infecciosos tales como bacterias, hongos y virus. Es por ello, que a continuación se presenta una breve investigación documental, en la que se destacan aspectos relacionados con la producción mundial y nacional, su importancia nutraceutica y su capacidad antimicrobiana.

Generalidades: Producción

El mango (*M. indica*) es un árbol frutal perteneciente a la familia de las *Anacardiaceae* originario de la India, ampliamente distribuido en el mundo, principalmente en países de clima tropical. Existen más de 1.000 variedades, pero sólo unas pocas son de interés agronómico para la producción y comercialización a nivel mundial (Masud, 2016). Entre los cultivares de relevancia económica destacan: Haden, Tommy Atkins, Lippens, Smith, Keitt, Kent y Zill (Aular y Casáres, 2011; Abu *et al.*, 2019; Carrillo-Tomalá, *et al.*, 2020).

La superficie sembrada a nivel mundial es alrededor de 3,5 millones de hectáreas y dentro de las frutas tropicales, ocupa el segundo lugar de importancia en cuanto a volúmenes de producción, después de las musáceas (Muchiri *et al.*, 2012). Datos estadísticos publicados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (F.A.O) en 2020, indican que para 2018 la producción de mango a nivel mundial se ubicó en 52 millones de toneladas, muy por encima de la piña (*Ananas comosus*) con 27,9; la papaya (*Carica papaya*) con 13,5 y el aguacate (*Persea americana*) con 6,2 millones de toneladas (F.A.O., 2020). Siendo el continente Asiático el mayor productor con 37,8 millones de toneladas, equivalentes al 73%, e India el país con la mayor producción, alrededor de 20 millones de toneladas (Figura 1).

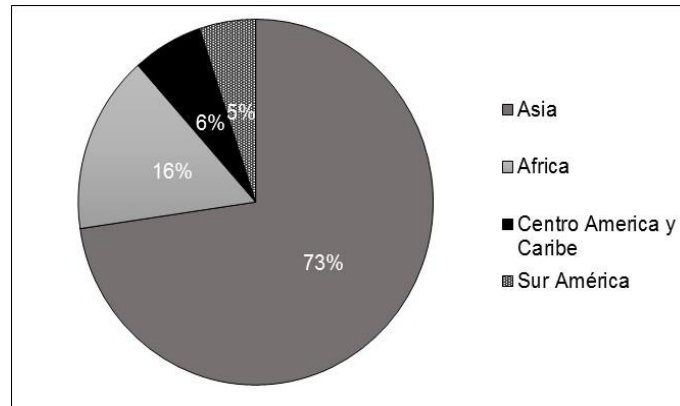


Figura 1. Distribución de la producción mundial de mango para 2018. (Datos para el cálculo tomados de F.A.O, 2020).

En Venezuela, el mango es un frutal de gran importancia a nivel nacional porque, aunque la producción reportada es relativamente baja (158 mil TM) comparada con otros países de la región (F.A.O., 2020); este rubro tiene una alta aceptación por parte del consumidor venezolano. Ocupando el tercer lugar de relevancia económica después de las musáceas y los cítricos, siendo fuente de ingresos significativa para muchos fruticultores venezolanos; además de ser un componente paisajístico importante en todo el país (Morales y Rodríguez, 2009). Entre las variedades más comunes destacan Bocado, Hilacha, Pico e Loro (Avilan *et al.* 2009) y Rosa, así como Haden y Tommy Atkins.

De acuerdo con Aular y Casares (2011), la superficie sembrada de mango para el año 2009 era de 5 mil Ha y la producción anual de 65 mil TM. Pero según los datos estadísticos de la F.A.O (2020), esta situación ha mejorado sustancialmente y los niveles de producción se incrementaron en un factor de 2,6 veces, alcanzando un máximo de 163,9 mil TM para el año de 2011. Desde entonces hasta el presente la producción se ha mantenido por encima de los 130 mil TM, pese a las circunstancias de crisis y recesión económica por las que atraviesa el país (Figura 2).

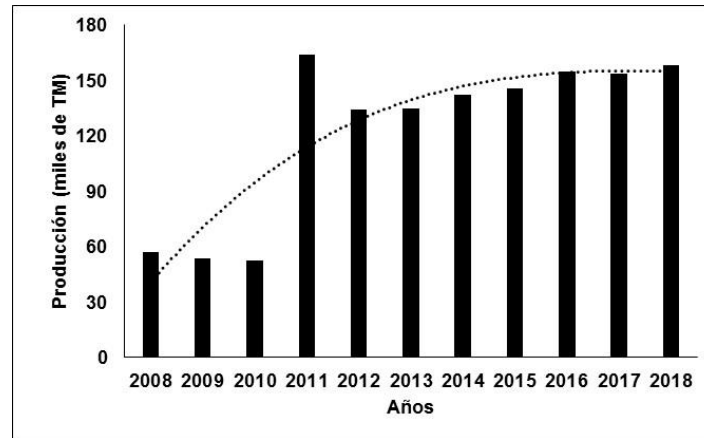


Figura 2. Niveles de Producción de Mango en Venezuela.

(Datos tomados de F.A.O, 2020)

Importancia nutraceútica

Desde el punto de vista nutricional, el fruto de mago es un alimento muy completo, porque además de ser fuente de energía (60 kcal/100 g de pulpa), por su elevado contenido de carbohidratos, posee una proporción de fibra dietética (entre 0,85-1,06/100 g de pulpa), así como proteínas (entre 0,36-0,40/100 g de pulpa), ácidos grasos poliinsaturados (omega 3 y 6), vitaminas, micronutrientes y otros compuestos fitoquímicos con propiedades antioxidantes, todos ellos necesarios en el crecimiento y normal desarrollo de los seres humanos, así como para el mantenimiento de su salud (Masud, 2016; Maldonado-Celis *et al.* 2019).

El alto contenido de ácido ascórbico (de hasta 186 mg/100g de pulpa), así como de carotenoides (1159 a 3000 mg/100g de pulpa) y de compuestos fenólicos (hasta 652 mg/100g de pulpa seca) (Corrales-Bernal, Maldonado, Urango, Franco y Rojano, 2014; Ribero da Silva *et al.*, 2014), le confieren a este fruto propiedades antioxidantes y un potencial quimioprotector y reparador frente a enfermedades degenerativas. Puesto que estos compuestos bioactivos pueden neutralizar o retardar la acción de especies reactivas de

oxígeno, minimizando el daño a niveles de membranas celulares y ADN (Cárdenas, Arrazola y Villalba, 2016; Noguera-Machado *et al.*, 2017).

Desde el punto de vista etnofarmacológico, este árbol también tiene gran importancia, ya que desde tiempos remotos sus estructuras vegetativas y reproductivas se han utilizado con fines medicinales, para tratar diferentes dolencias (Reyes *et al.*, 2017). Investigaciones *in vitro* e *in vivo* han corroborado sus propiedades hipoglicemiantes, antimicrobiana, antiviral, antiinflamatoria, antioxidante, antidiarreica, antialérgica, hipotensiva, hepatoprotectora y anticancerígena (Timsina y Kilingar, 2015; Raju *et al.*, 2019; Carrillo-Tomalá *et al.*, 2020). Estas propiedades medicinales están directamente asociadas al contenido de compuestos fenólicos y sustancias bioactivas presentes en las distintas estructuras de la planta y del fruto. Los principales polifenoles caracterizados a partir del mango, en términos de capacidad y/o la cantidad antioxidante, son: mangiferina (también llamada manguiferina), catequinas, quercetina, kaempferol, ramnetina, antocianinas, ácidos gálico y elágico (Cárdenas *et al.*, 2016).

La mangiferina (2-β-D-glucopiranosil-1,3,6,7-tetrahidroxixanten9-ona) es una glucosilxantona natural, que se destaca como el compuesto mayoritario y está presente en varias estructuras del mango tales como hojas, frutos, corteza, duramen y raíces (Carrillo-Tómala *et al.*, 2020). Este compuesto se produce tanto en su forma no esterificada y conjugado con ácido gálico (Cárdenas *et al.*, 2016). Ha sido caracterizado en las familias de las *Anacardiáceas* y *Gentianáceas*, especialmente en las hojas y la corteza. Estudios han confirmado que las propiedades medicinales de esta planta se deben principalmente a la presencia de este compuesto, sobre el cual no existen informes relacionados con efectos adversos para la salud de los seres humanos, lo que favorece su uso (Tayana *et al.*, 2019).

Extractos de mango y su actividad antimicrobiana

Diversos estudios han demostrado que extractos producidos a partir de diferentes estructuras del árbol de mango, incluyendo el fruto y sus subproductos, exhiben capacidad antimicrobiana, asociada a la presencia de los metabolitos secundarios, principalmente los

compuestos fenólicos previamente descritos. En la tabla 1, se resumen algunos de los trabajos más recientes (últimos 5 años) en el área, destacando aspectos como la estructura usada, el tipo de solventes, la metodología de extracción, las especies microbianas sobre las que fueron probados y la técnica empleada para ello.

En estos trabajos se puede observar que el solvente más utilizado fue el etanol, y los métodos más comunes para llevar a cabo la extracción fueron la maceración o empleando el equipo de Soxhlet. Los extractos elaborados ocasionaron inhibición del crecimiento, de la mayoría de las cepas sobre los cuales fueron probados. Los investigadores coinciden al concluir que la mezcla de metabolitos secundarios presentes en dichos extractos, principalmente compuestos fenólicos, son capaces de unirse a diferentes polímeros de las células microbianas alterando su actividad metabólica con la consecuente muerte celular. Tal como la inactivación de enzimas y proteínas de transporte a nivel de membranas y paredes celulares, afectando la permeabilidad y bloqueando el paso de nutrientes a las células (Noguera-Machado *et al.* 2017); o la capacidad de inhibir la peroxidación lipídica en el caso de levaduras (Dorta, González, Lobo y Laich, 2016).

Estos hechos consolidan al mango como un árbol como fuente de sustancias antisépticas, las cuales representan una alternativa para países como Venezuela, donde los recursos económicos son limitados.

Tabla 1. Estudios sobre efecto antimicrobiano de extractos de hoja y flores de mango.

Autor	Solvente/ Condiciones de extracción	Microorganismos/ Técnicas microbiológicas
<i>Estructura vegetal utilizada: hojas</i>		
Garg y Mohanan, 2017	Utilizaron 30 g de hojas secas, las cuales fueron resuspendidas en agua y etanol. La extracción fue con el equipo de Soxhlet.	<i>Streptococcus mutans</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> . Método de difusión en agar. Ambos tipos de extractos mostraron efecto biocida, pero en el caso del acuoso sólo a volúmenes altos (40 y 60 µL)
Disegha y Akani, 2017	Trabajaron con hojas frescas y secas. Los solventes agua y etanol al 95%. El agua se utilizó bajo dos condiciones fría y caliente. El método empleado maceración por 24 h.	<i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> y <i>Aspergillus niger</i> . Métodos: crecimiento en medio líquido para evaluar turbidez y discos de difusión en agar. Los extractos obtenidos con agua caliente y etanol fueron los que exhibieron actividad antifúngica.
Reyes <i>et al.</i> , 2017 Variedad: Bocado (VE-MVY-MI-00133)	Utilizaron 25 g de hojas secas y pulverizadas y maceraron en 50 mL de etanol (70%), bajo agitación constante durante 24h. Se concentró por evaporación.	<i>Candida albicans</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Métodos: Cultivos en medio líquido y sólido por 24 y 48 h. Determinación de turbidez y unidades formadoras de colonias (ufc).
Untol, <i>et al.</i> , 2019	Emplearon 30 g de hojas secas y pulverizadas para extracción con el método de Soxhlet, con 200 mL de etanol (90%). por 2 h.	<i>Salmonella typhi</i> y <i>Escherichia coli</i> . Método: difusión en agar. A una concentración de 50%, observaron halos de inhibición de 16,53 mm contra <i>S. typhi</i> y 15,16 mm contra <i>E. coli</i> .
Carrillo-Tomalá <i>et al.</i> , 2020 Variedades Tommy Atkins y Edward	Maceración por 7 días. Digestión por 2h a 60°C para extracto de Tommy Atkins al (etanol 50%). Ultrasonido para extracto de Edward (etanol 50%) por 45 min.	Probaron los extractos contra: <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella Typhimurium</i> , <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococcus faecalis</i> . Método de difusión en agar. Todos los extractos exhibieron efecto sobre las cepas probadas, siendo las más sensibles <i>S. aureus</i> y <i>P. aeruginosa</i> .

Fuente: propia

Tabla 2. Estudios sobre efecto antimicrobiano de extractos de flores y semillas de mango

Autor	Solvente/ Condiciones de extracción	Microorganismos/ Técnicas microbiológicas
<i>Estructura vegetal: flores</i>		
Karumanchi, <i>et al.</i> , 2016	Emplearon cinco solventes: hexano, acetona, etanol, metanol y agua. Las flores secas se colocaron en suspensión con los solventes. Utilizaron el método de Soxhlet, tiempo de 95-126 h.	Todos los extractos fueron probados contra: <i>Staphylococcus albus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus heamolyticus</i> , <i>Vibrio cholera</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebisella aerogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas pyocyneaus</i> , <i>Diplococcus peunoniae</i> Método difusión en agar. El extracto etanólico fue el único que exhibió actividad contra todas las cepas probadas. Siendo el más sensible <i>P. aeruginosa</i> (halos de 17 mm) El extracto metanólico mostró efecto sobre <i>V. cholera</i> (halos de 17 mm).
<i>Estructura vegetal: Semillas</i>		
Ahmed, 2015	Solventes: etanol (85%) y acetona (85%). Semillas secas, pulverizadas y en suspensión con el respectivo solvente. Método maceración por 24 h a 4°C.	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus spp.</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Candida albicans</i> . Método difusión en agar. Ambos tipos de extractos, mostraron inhibición sobre todas las cepas.
Noguera-Machado <i>et al.</i> , 2017	Solvente etanol (90%). Suspendieron 5 mg de semilla seca en 30 mL del solvente. Método maceración por 3 h.	<i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Escherichia coli</i> . Técnicas cultivo en medio líquido y sólido. Medición de la turbidez y ufc. Se observó reducción en la turbidez y en el conteo de bacterias viables en un ciclo logarítmico.
Raju <i>et al.</i> , 2019 Variedad Banganapalli	Solvente metanol. Las semillas secas y pulverizadas se colocaron a macerar con el solvente en una relación 1:5 durante 2 días bajo agitación continua.	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Escherichia coli</i> . Método de difusión en agar. En todos los casos se evidenciaron halos de inhibición.

Fuente: propia.

CONCLUSIONES

El mango es una fruta con un alto potencial desde el punto de vista agroalimentario, debido a su alto valor nutricional. La numerosa literatura científica disponible muestra el valor nutraceútico del fruto, así como las propiedades medicinales de otras estructuras vegetales de esta planta (hojas, tallos, flores y semillas). Muchos estudios posicionan a esta planta como una fuente de compuestos bioactivos con potencial para usarlo en el tratamiento de distintas patologías. Entre los efectos que más destacan, está la capacidad antimicrobiana de extractos producidos a partir de esta planta, que pudieran representar una alternativa de origen natural para usarlo como antiséptico comercial y en el tratamiento de infecciones microbianas. La potencialidad del uso de los extractos y los componentes de la planta es ilimitado, por eso es necesario se avance en investigaciones en este campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abu A., Dheir I., Elsharif A., Abu-Naser S.. 2019. Mango Classification Using Deep Learning. International Journal of Academic Engineering Research (IJAER).. 3(12): 22-29.
- Ahmed, E. 2015. Antimicrobial and Antibiofilm Activity of Mango Seeds Extract. Iraqi Journal Science. 56 (4): 3121-3129.
- Aular, J.; Casares, M. 2011. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. Simpósio Internacional de Fruticultura – Avanços na Fruticultura. Revista Brasileira Fruticola., Jaboticabal-SP, Volumen Especial (E):187-198.
- Cárdenas, G.; Arrazola, G.; Villalba, M. 2016. Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. INGENIUM, 17(33):29-40.
- Carrillo-Tomalá, C.; Díaz-Torres R., Guerra-Guamán, K.; Román-Salmerón, A. 2020. Actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de hojas de dos variedades de *Mangifera indica* L. Revista Ciencia UNEMI, 13(32):69-77.
- Corrales-Bernal, A.; Maldonado, M; Urango, L., Franco, M.; Rojano, B. 2014. Mango de azúcar (*Mangifera indica*), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. Revista Chilena de Nutrición, 41(3):312-318.

- Disegha, G. C., Y Akani, N.P. 2017. Antifungal activity of *Mangifera indica* leaf extracts on selected fungi. *Current Studies in Comparative Education, Science and Technology*, 4(2):136-148.
- Dorta, E.; González, M.; Lobo, M.; Laich, F. 2016. Antifungal activity of mango peel and seed extracts against clinically pathogenic and food spoilage yeasts. *Natural product research*, 30(22):2598-2604.
- F.A.O (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Principales frutas tropicales-Compendio Estadístico 2018. Roma.
- Garg, D.; Mohanan N. 2017. Evaluation of phytochemical, antioxdative and antimicrobial effect of magnifera indica, leaf extracts on oral dental pathogens. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research (IJPSR)*, 8(4): 1689-1693.
- Karumanchi, N.; Gupta, B.; Mehta, D.; Mehta, B. 2016. Phytochemical analysis and antitubercular activity of flowers extract of *Mangifera indica*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science and Research (IJPSR)*, 7(8): 3472-3476.
- Maldonado-Celis ME, Yahia EM, Bedoya R, Landázuri P, Loango N, Aguillón J, Restrepo B and Guerrero Ospina JC. 2019. Chemical Composition of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit: Nutritional and Phytochemical Compounds. *Frontier in Plant Science*. 10(1): 1-21.
- Masud, G. 2016. Pharmacological Activities of Mango (*Mangifera Indica*): A Review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5(3):1-7.
- Morales, V., Rodríguez, M. 2009. Micobiota endofítica asociada al cultivo del mango 'Haden' (*Mangifera indica* L.) en el oriente de Venezuela. *Revista UDO Agrícola*, 9(2): 393-402.
- Muchiri, D.; Mahungu, S.; Gituanja, S. 2012. Studies on Mango (*Mangifera indica* L.) kernel fat of some Kenyan varieties in Meru. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 89:1567-1575.
- Noguera-Machado, N.; Ojeda, L.; Jiménez, M.; Kremisisky, M. 2017. Evaluación del potencial antibacteriano de extractos de semillas de cinco frutas tropicales. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 8(1):33-44.
- Raju, N.; Sukumar, K; Reddy, B.; Pankaj, P.; Muralitharan, G; Annapareddy, S.; Teja Sai, D.; Chintagunta, A. 2019. In-vitro Studies on Antitumor and Antimicrobial Activities of Methanolic Kernel Extract of *Mangifera indica* L. Cultivar Banganapalli. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 12 (1): 1-16.

- Reyes, D.; Ortega, D.; Quintero, J.; Piquer, S.; Alarcón, M.; Fernández, R. 2017. Efecto antimicrobiano del extracto foliar de mango (*Mangifera indica* L. cv. Bocado) en microorganismos de interés clínico. *Revista Salus UC*, 21(2):7-13.
- Ribeiro da Silva, L.; Teixeira de Figueiredo, E.; Silva, N.; Pinto, I.; Wilane de Figueiredo, R.; Montenegro, I.; Gomes, C. 2014. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 143: 398 – 404.
- Tayana, N.; Inthakusol, W.; Duangdee, N.; Chewchinda, S.; Pandith, H.; Kongkiatpaiboon, S. 2019. Mangiferin content in different parts of mango tree (*Mangifera indica* L.) in Thailand. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 41(3). 268-273.
- Timsina, B; Kilingar N. 2015. Mango seeds: A potential source for the isolation of bioactive compounds with anti-cancer activity. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science and Research*, 7(3):89-95.
- Untol, R.; Zavaleta, G.; Saldaña, J.; Blas, W. 2019. In vitro effect of hydroalcoholic extracts of *Mangifera indica*, *Tamarindus indica* and *Cassia angustifolia* on the growth of *Salmonella typhi* and *Escherichia coli*. *Arnaldoa*, 26(2): 713-724.
- Vega-Vega, V., Silva-Espinoza, B., Cruz-Valenzuela, M., Bernal-Mercado, A., González-Aguilar, G., Ruíz-Cruz, S., Moctezuma, W., Siddiqui, J., Ayala-Zavala, J. 2013. Antimicrobial and antioxidant properties of byproduct extracts of mango fruit. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 86 (1): 205 – 211.

IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLATILES EN EL CAFÉ VERDE DEL MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO PORTUGUESA VENEZUELA

(IDENTIFICATION OF VOLATILE COMPOUNDS IN THE GREEN COFFEE OF THE SUCRE MUNICIPALITY OF THE PORTUGUESA STATE VENEZUELA)

Wilmer Salazar, Juan Fernández, Ruíz P-Isabel, José Salazar.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Centro de Creación Intelectual para la Seguridad Alimentaria (CCISA) UNELLEZ VIPI. Estado Cojedes, Venezuela.

wilmerjohansalazar@gmail.com / jfermol@gmail.com.

Recibido: 01-05-2020/ Aceptado: 15-10-2020

RESUMEN

Los compuestos volátiles del café son los responsables del aroma y se encuentran en pequeñas cantidades en el grano de café verde y por efecto del tostado su contenido se ve incrementado. Existe muy poca información sobre el contenido de compuestos volátiles en los café de Venezuela, por lo que se realizó esta investigación cuyo objetivo fue la caracterización de los compuestos volátiles en el café verde del municipio Sucre del estado Portuguesa. El análisis de los compuestos volátiles del café implicó las etapas de aislamiento de la fracción volátil, separación de la mezcla en sus componentes individuales, detección e identificación de cada uno de ellos. Para tal fin, se utilizaron las técnicas de Micro-extracción en Fase Sólida (SPME) y Cromatografía de Gas acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS) para la separación de los compuestos y posterior identificación. Los resultados muestran una concentración de 692,03 mg/L de compuestos volátiles en los granos de café verde, de los cuales los alcanos representan el mayor porcentaje con 30,88 % (213,67 mg/L), seguidos de los alquenos con un 13,28 % (91,88 mg/L) y las cetonas con un 12,12 % (83,89 mg/L). Se concluye que en el café verde del municipio Sucre del Estado Portuguesa se encontraron compuestos volátiles de relevancia como el Dodecano, 2,6,10- trimetil y docecano 2,6,11- trimetil docecano que influyen en las características aromáticas de la bebida de café.

Palabras Clave: *Café verde, Compuestos volátiles, Alcanos.*

SUMMARY

The volatile compounds in coffee are responsible for the aroma and are found in small quantities in green coffee beans and due to the effect of roasting, their content is increased. There is very little information on the content of volatile compounds in Venezuela's coffee, so this research was carried out with the objective of characterizing the volatile compounds in green coffee in the Sucre municipality of the state of Portuguesa. The analysis of the volatile compounds in coffee involves the steps of isolation of the volatile fraction, separation of the mixture into its individual components, detection and identification of each of them. For this purpose, in the present study the techniques of Solid Phase Micro-extraction (SPME) and Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC / MS) were used for the separation of the compounds and subsequent identification. The results show a concentration of 692.03 mg/l of volatile compounds in green coffee beans, of which alkanes represent the highest percentage with 30.88% (213.67 mg/l), followed by alkenes with 13.28% (91.88 mg/l) and ketones with 12.12% (83.89 mg/l). It is concluded that in the green coffee of the Sucre municipality of the Portuguese State, relevant volatile compounds were found such as Dodecane, 2,6,10-trimethyl and docecano2,6,11-trimethyl docecano that influence the aromatic characteristics of the coffee drink

Keywords: Green coffee, volatile compounds, alkanes

INTRODUCCIÓN

El estudio de los compuestos volátiles en el café, ha sido motivo de muchas investigaciones durante años, con la finalidad de asociar compuestos volátiles a descriptores sensoriales (Salazar y Fernández, 2018). El aroma y sabor, atributos más importantes del café, lo han hecho muy popular a nivel mundial, por esta razón los investigadores han tratado de descubrir durante años, la identidad de los constituyentes más relevantes (Holsher *et al.*, 1992; Ribeiro *et al.*, 2009).

Estas cualidades sensoriales tan particulares y agradables son producidas por mezclas de numerosos compuestos volátiles (Blank *et al.*, 1991; Czerny y Grosh, 2000; Salazar y Fernández, *ob. cit.*). La mayor parte de los volátiles del café se derivan de compuestos no volátiles presentes en el grano crudo, los cuales reaccionan durante el tostado (Dark y Nursten, 1985; Salazar y Fernández, *ob. cit.*). Los compuestos volátiles son los

responsables de las características aromáticas de la bebida de café, los mismos se encuentran en pequeñas concentraciones en el café verde y durante el proceso de torrefacción son intensificados, desarrollándose compuestos agradables y desagradables en la degustación de la bebida (Salazar, *et al.*, 2012).

En Venezuela existe una limitada información sobre la identificación y/o cuantificación de compuestos volátiles, por tal motivo se realizó esta investigación que tuvo como objetivo la caracterización de los compuestos volátiles en el café verde del municipio Sucre del estado Portuguesa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la muestra: En la investigación se trabajó con café arábico, Criollo (Typica), del municipio Sucre del estado Portuguesa, cultivado y cosechado en una altitud de 1200 msnm, con procesamiento postcosecha de vía húmeda y secados al sol. Se tomó una muestra de 200 gramos de café pergamino, el cual fue trasladado hasta las instalaciones del laboratorio de calidad del café del Centro de Investigaciones Agrícolas para el Desarrollo (CIRAD) en Montpellier Francia, donde se despergamino y posteriormente se utilizó un molino a fricción para su molienda, previa adición de nitrógeno líquido a la muestra, para la obtención del café verde en polvo.

Determinación de los compuestos volátiles: La extracción de los compuestos volátiles en el café verde se realizó por Headspace-SPME (Bertrand *et al.*, 2012). La muestra de café verde molida se deja reposar a temperatura ambiente por 90 minutos antes de tomar la muestra. Se tomaron, aproximadamente, 2 gramos de café verde molido y se colocaron en un recipiente de vidrio de 2 ml, el cual se selló herméticamente, dejando 1/3 del frasco como espacio de cabeza. Posteriormente los frascos se colocaron en un horno a temperatura de 50 °C por un tiempo de 15 minutos, hasta la temperatura de equilibrio.

Los compuestos volátiles se extrajeron mediante la colocación de una fibra de SPME, en contacto con el espacio de cabeza durante 45 minutos a temperatura de equilibrio. Para la desorción de los compuestos, la fibra se ubicó en el cromatógrafo de gases (GC) y se

calentó hasta 250 ° C durante 4 minutos. La fibra SPME que se utilizó fue la A CAR/PDMS (Carboxen / Polidimetilsiloxano, 75 µm), la cual se usó por su afinidad para todas las clases de compuestos volátiles y ha sido previamente documentada en investigaciones anteriores sobre extracción de compuestos volátiles en café (Akiyama, *et al.*, 2003; Bicchi *et al.*, 2002; Roberts *et al.*, 2000).

Los extractos de café SPME se analizaron con un aparato GC- Espectroscopia de Masa (GC-MS) (HP-6890A GC conectado a un MS HP-5973N) equipado con una columna capilar DB-WAX (60 m x 0,32 mm, con 0,25 µm (J & W Scientific)). La inyección se realizó en splitless por 4 min a 250 ° C en el acople de SPME Supelco específico de 0,75 mm i.d. Se utilizó como gas portador el helio, a una tasa de flujo de 1,5 ml / min. Los rangos de temperatura en el horno se programaron desde 50 a 200 ° C en 3 ° C / min, seguido por un aumento desde 170 hasta 250 ° C en 8 ° C / min.

El método de ionización de impacto electrónico fue de una energía de ionización de 70 eV. El rango para el escaneado de masas fue de 40 a 300 amu a una velocidad de barrido de 5,36 exploraciones / segundos. La temperatura de la línea de transferencia se fijó en 260 ° C.

Los compuestos volátiles del espacio de cabeza fueron identificados comparando sus índices de retención relativos y sus espectros de masas con los de la base de datos (Wiley datos espectrales de masa).

Análisis estadístico de los datos: La muestra fue analizada por triplicado y los valores de las aéreas de los compuestos identificados para las tres cromatografías se les calculó el coeficiente de variación (CV) y se tomó aquellos compuestos cuyo CV era igual o menor al 35 %.

DISCUSIÓN

Los compuestos volátiles presentes en la muestra de café verde estudiada se muestran en la Tabla 1, en el mismo se aprecia que se encontraron cuarenta y nueve (49) compuestos

IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLATILES EN EL CAFÉ VERDE DEL MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO PORTUGUESA VENEZUELA

volátiles distribuidos en nueve (9) familias de compuestos tales como: Ácidos, alcanos, alcoholes, aldehídos, alquenos, cetonas, compuestos azufrados, esterés y pirazina.

Así mismo, se aprecia que se encontró una concentración de 692,03 mg/l de compuestos volátiles, de los cuales los alcanos representan el mayor porcentaje con 30,88 % (213,67 mg/l), seguidos de los alquenos con un 13,28 % (91,88 mg/l) y las cetonas con un 12,12 % (83,89 mg/l).

En el café verde se han encontrado compuestos, tales como, ácidos, esterés, furanos, cetonas, piridinas y compuestos azufrados, entre otros. Estos resultados coinciden con los reportados por Agresti *et al.*, (2008) cuando reporto la presencia de ácidos, aldehídos, alcanos, alquenos, ésteres, furanos, cetonas, lactonas, oxasoles, fenoles, piridinas, pirazinas, pirroles y compuestos azufrados en muestras de café verde.

Tabla 1. Compuestos volátiles presentes en el café verde del municipio Sucre del Estado Portuguesa.

Familia de Compuestos	Compuesto Volátil	Concentración (mg/l)	Porcentaje (%)
Ácidos	Acido 3 metil butonico	45,55	6,58
	Acetato de metilo fenilo		
	Ácido acético		
Alcanos	Dodecano	213,67	30,88
	2,6,10- trimetil docecano		
	2,6,11- trimetil docecano		
	Hexano		
	Nonano		
	2,6- Dimetil nonano		
	Octano		
	Tetradecano		
	Undecano		
Alcoholes	1-3 butanol	75,68	10,94
	1-butanol		
	1- Hexanol		
	2 Metil etanol		
	3- Metil- 1 metanol		
	Fenol		
	tetrahidro geraniol		
	alcohol furfuril		

IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLATILES EN EL CAFÉ VERDE DEL MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO PORTUGUESA VENEZUELA

Tabla 1. (Cont.)

Familia de Compuestos	Compuesto Volátil	Concentración (mg/l)	%
Aldehídos	Benzaldehído	67,16	9,71
	Butanal		
	2- Metil butanal		
	3- Metil butanal		
	Etanal		
	Hexanal		
	Nonal		
	Fenilacetaldehído		
	5-HMF		
Alquenos	1,2,3- Trimetil benzeno	91,88	13,28
	1,2,4- Trimetil benzeno		
	Etilbenzeno		
	2,2,4,6,6- pentametil hepteno		
	o-xylene		
	p-xylene		
	Stryrene		
	Tolveno		
Cetonas	2- Acetilfurano	83,89	12,12
	2-Ciclopentona, 2- metil		
	2- Metil-4-hetanona		
	3, Metil-2-ciclopentona-1		
	δ-butirolactona		
Compuestos Azufrados	Dimethylsulfido	1,44	0,21
Esteres	Ácido acetico metilester	69,90	10,10
	Isobutonoato de isoamilo		
	isovalerato metil		
Pirazinas	2-Metil pirazina	42,84	6,19
	Pirazina, 2-metoxi-3-(2-metilpropil)		
	Piridina		
Total	-	692,03	100

Fuente: Autores (2020)

Bicchi *et. al.* (ob. cit.), mediante el uso del método combinado “Headspace, Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography” (HS-SPME-GC), identificaron 36 compuestos volátiles en una mezcla 50/50 de café arábigo y café Robusta.

La formación de los aldehídos se debe a la auto-oxidación de los lípidos, la degradación de «Strecker» y las reacciones de «Maillard». Los aldehídos de cadena larga están asociados a la presencia de un aroma a frutas y flores. Los alcoholes se derivan de la degradación oxidativa de los lípidos (Basto *et al.*, 1999).

Los ácidos acéticos se pueden formar de la degradación de los glúcidos, es una de las vías de la formación de estos compuestos. También, a través de la caramelización y degradación de la sacarosa, y la degradación térmica de esterés, o la auto-oxidación de aldehídos y cetonas (Basto *et al.*, 1999).

Salazar (2015), reportó que los alcanos y los alquenos son la fracción volátil más importante en el beneficio del café por vía humedad secado al sol con una concentración de 94,8 mg/l y 18,04 mg/l, siendo el 2, 2, 4, 6,6-Pentamethyl- Heptano, 4-methyl-Octano y octamethyl- cyclotetrasiloxano los compuestos más abundante en los alcanos y en los alquenos el 2,4-dimethyl-1-hepteno, 4, 6,8-trimethyl-1-noneno y el limoneno.

Así mismo, Salazar (ob.cit), reportó que, en el beneficio del café por vía seca, la fracción volátil estuvo compuesta por los alcanos (86,44 mg/l) y los ácidos (40,9 mg/l), dentro de los alcanos los más abundante fueron el 2, 2, 4, 6,6-pentamethyl-Heptano, 4-methyl- octano y undecano, y de los ácidos el ácido 3-methyl-butanoico, ácido acético methyl ester y el ácido acético.

CONCLUSIONES

Se encontraron cuarenta y nueve (49) compuestos volátiles distribuidos en nueve (9) familias de compuestos tales como: Ácidos, alcanos, alcoholes, aldehídos, alquenos, cetonas, compuesto azufrado, esterés y pirazina.

Se encontró una concentración de 692,03 mg/l de compuestos volátiles, de los cuales los alcanos representan el mayor porcentaje con 30,88 % (213,67 mg/l), seguidos de los alquenos con un 13,28 % (91,88 mg/l) y las cetonas con un 12,12 % (83,89 mg/l).

AGRADECIMIENTO

Al proyecto PCP-2009000024 del Convenio entre el FONACYT de Venezuela y la embajada de Francia por permitirme realizar esta presente investigación. Al Centro de Investigaciones Agrícolas para el Desarrollo (CIRAD) en Montpellier Francia, donde se le realizaron los análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agresti, P. Franca, A. Oliveira, L y Augusti, R. 2008. *Discrimination between defective and non-defective Brazilian coffee beans by their volatile profile*. Food Chemistry, 106 (2): 787-796.
- Agresti, P; Franca, A; Oliveira, L; y Augusti, R. 2008. *Discrimination between defective and non-defective Brazilian coffee beans by their volatile profile*. Food Chemistry, 106 (2): 787-796.
- Akiyama, M. Murakami, K. Ohtani, N. Iwatsuki, K. Sotoyama, K. Wada, A. Tokuno, K. Iwabuchi, H y Tanaka, K. 2003. *Analysis of volatile compounds releases during the grinding of roasted coffee beans using solid-phase microextraction*. J. Agric. Food Chem., 51 (7): 1961–1969.
- Basto, C. Alves, R y Trugo. 1999. Componentes Volateis do Café Torrado. Parte I. Compostos Heterociclicos. Quimica Nova, 22(2): 209-217.
- Bertrand, B. Boulanger, R. Dussert. Ribeyre, F. Berthiot, L. Descroix, F y Joet, T. 2012. *Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arábico coffee bean as well as coffee beverage quality*. Food Chemistry, 135(4): 2575-2583.
- Bicchi, C. Iori, C. Rubiolo, P. Sandra, P. 2002. *Headspace sorptive extraction (HSSE), stir bar sorptive extraction (SBSE), and solid phase microextraction (SPME) applied to the analysis of roasted arabica coffee and coffee brew*. J. Agric. Food Chem., 50 (3): 449–459.
- Blank, I. Grosch, W. y Sen, A. 1991. *Aroma Impact Compounds of Arabica and Robusta Coffee. Qualitative and Quantitative Investigations*. 14th International Conference on Coffee Science (ASIC), San Francisco, EEUU. Julio, 13 p.
- Czerny, M y Grosh W. 2000. *Potent Odorants of Raw Arabica Coffee. Their Changes during Roasting*. J. Agr. Food Chem, 48 (3): 868-872.

- Dark, S. K. y Nursten, H.E. 1985. *Volatile Components. En: Coffee Chemistry; Clarke, R. J., Macrae, R., Eds.*; Elsevier Applied Science Publishers: New York, U.S.A, Vol. 1.
- Holsher, W. Vitzthum, O. y Steinhart, H. 1992. *Prenyl Alcohol-Source for Odorants in Roasted Coffee*. J. Agr. Food Chem., 40 (4): 665-658.
- Ribeiro, JS. Augusto, F. Salva, TJ. Thomaziello, RA. Ferreira, MM. 2009. *Prediction of Sensory Properties of Brazilian Arabica Roasted Coffees by Headspace Solids Phase Microextraction-Gas Chromatography*. Analytica Chimica Acta 634 (2): 172-179.
- Roberts, D. Pollien, P. y Milo, C. 2000. *Solid-phase microextraction method development for headspace analysis of volatile flavor compounds*. J. Agric. Food. Chem., 48 (6): 2430–2437.
- Salazar, W. Aguilar, P. Bastide, P. Fernández-Molina, JJ., Macia, I. y Berthiot, L. 2012. *Descriptive and Quantitative Sensory Profiles of the Coffee from Sucre Municipality Portuguesa State Venezuela*. 24th International Conference on Coffee Science (ASIC). San José, Costa Rica. Noviembre, 2012. 10 p.
- Salazar, W.; Fernández-Molina, JJ. 2018. *Compuestos volátiles y no volátiles del café arábico y su asociación con la calidad sensorial*. Serie N° 10. Publicaciones del área de estudios de postgrado. San Carlos, Venezuela.
- Salazar S. Wilmer J. 2015. *Estudio de algunos factores que influyen sobre la presencia de compuestos volátiles y no volátiles del café arábico y su asociación con la calidad sensorial*. Tesis Doctoral para optar al título de Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

(EVALUATION AND OPTIMIZATION VIA SIMULATION OF SENSORY ATTRIBUTES OF THE SPECIAL BREAD WITH ADDITIONED CASSAVA XANTAN HYDROCOLLOID)

Wílmer Peña

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ.
Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social. Programa Ciencias del Agro y del Mar. Barinas -Estado Barinas, Venezuela.

wjpr58@gmail.com

Recibido: 23-08-2020/ Aceptado: 02-12-2018

RESUMEN

Desarrollar un nuevo producto alimenticio que reciba la aceptación de los consumidores requiere conocer las características sensoriales que permitan el diseño de la formulación adecuada. Al sustituir la harina de trigo (HT) por harina de yuca (HY), en el pan adicionado del hidrocóloide xantán (HX), es clave conocer el comportamiento de los atributos sensoriales. La investigación consistió en someter a evaluación y optimización el efecto del HX y la sustitución de la HT por HY sobre los atributos sensoriales del pan especial con yuca; se aplicó el Diseño llenado de espacios, método Hipercubo Latino, el cual permitió obtener una muestra aleatoria de formulaciones con nueve (9) tratamientos y nueve (9) niveles, de estas se seleccionaron siete (7) para la elaboración de los panes. Los valores del factor harina de yuca (X_1) van desde 15% hasta un 100%, los de la harina de trigo (X_2) varían de 0% al 85% y el hidrocóloide (X_3) se fijó entre 0% y 2%. La evaluación sensorial permitió establecer que en los niveles de sustitución de hasta el 36%, con adición del hidrocóloide xantán, los consumidores no aprecian diferencias (ANOVA, y post hoc de Tukey con p-valor 0,05) en las valoraciones sensoriales apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura, al compararlos con el pan 100 % trigo. Se encontró un modelo con excelente bondad de ajuste. La Optimización vía Simulación (OvS) de los atributos sensoriales ajustó cuando X_1 , X_2 y X_3 alcanzaron 49,10%, 49,95% y 0,95%, respectivamente.

Palabras clave: pan, yuca, sensorial, hidrocóloide, optimización

ABSTRACT

Developing a new food product that receives consumer acceptance requires knowing the sensory characteristics that allow the design of the appropriate formulation. When substituting wheat flour (HT) for cassava flour (HY), in the bread added the hydrocolloid xanthan (HX), it is essential to know the behavior of the sensory attributes. The research consisted of evaluating and optimizing the effect of HX and the substitution of HT for HY on the sensory attributes of special bread with cassava; The Design filled with spaces, the Latin Hypercube method, was applied, which allowed obtaining a random sample of formulations with nine (9) treatments and nine (9) levels, of which seven (7) were selected for the preparation of the breads. The values of the cassava flour factor (X1) range from 15% to 100%, those of wheat flour (X2) vary from 0% to 85% and the hydrocolloid (X3) was set between 0% and 2%. The sensory evaluation allowed to establish that in the substitution levels of up to 36%, with the addition of the hydrocolloid xanthan, the consumers did not appreciate differences (ANOVA, and Tukey's post hoc with p-value 0.05) in the global appearance sensory evaluations, smell, color of the crust, color of the crumb, taste and texture, when compared to 100% wheat bread. A model with excellent goodness of fit was found. The Optimization via Simulation (OvS) of the sensory attributes adjusted when X1, X2 and X3 reached 49.10%, 49.95% and 0.95%, respectively.

Keywords: bread, cassava, sensory, hydrocolloid, optimization.

INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones de la evaluación sensorial, que resulta de gran importancia, se encuentra en el campo del desarrollo de nuevos productos. El pan que se experimenta en este estudio posee niveles de sustitución de la harina de trigo (HT) por harina de yuca (HY) por encima del 15 %, además se incorpora hidrocoloide xantán (HX) en la formulación, lo cual conlleva a la necesidad de seguir el curso de las transformaciones sensoriales. Eriksson *et al.*, (2014, p.220) afirman que...”La sustitución parcial de la harina de trigo por la de yuca a partir de incorporaciones superiores al 20 % impacta negativamente los atributos sensoriales más importantes del pan: la apariencia, el gusto, la textura y la aceptabilidad general”. Además del sabor, la frescura y la textura, el color es una propiedad sensorial que influye dramáticamente en la percepción general del pan (Gellynck *et al* 2009, p.22). En este mismo sentido Eddy *et al.*, (2007, p. 2418) realizaron estudios sensoriales de aroma, textura, aceptabilidad y preferencia en pan, en el cual los niveles de sustitución de la harina de yuca fueron de 10, 20 y 30 % (sin adición de hidrocoloides), un panel semientrenado demostró

que las sustituciones parciales afectan la calidad sensorial. Comprobaron que... “los panes horneados compuestos con 10 y 20 % de harina de yuca no presentaron diferencias estadísticas significativas en la aceptabilidad y preferencia, comparado con el control, el pan elaborado con 30 % de harina de yuca mostró bajas valoraciones”. Sin embargo, Steffe (citado por Alvis, Arrazola y Pérez, 2011, p. 108) sostiene que... “los resultados de estas investigaciones pueden ser útiles para obtener información fundamental acerca de los aspectos básicos de textura y su relación con la estructura y atributos sensoriales”.

El objetivo de la evaluación sensorial es estimar el efecto que tiene la sustitución de la harina de trigo por la de yuca y el hidrocoloide en el pan elaborado. La optimización que se plantea en este estudio persigue la maximización de los factores y a su vez obtener la mayor información posible de esta sustitución en el pan especial de yuca con la mínima experimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se creó un arreglo de tratamientos utilizando una muestra aleatoria obtenida mediante el Diseño de llenado de espacios, método de Hipercubo Latino, el cual generó nueve (9) tratamientos y nueve (9) niveles, lo cual permitió determinar las siete (7) formulaciones con las cuales se podían elaborar los panes especiales de yuca (Peña, 2019, p.70). El diseño posee tres (03) factores HY, HT y HX (X_1 , X_2 y X_3) respectivamente, para estudiar y simular un proceso multirrespuesta constituídos por la apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura (Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 , Y_5 y Y_6). El pan de molde se elaboró siguiendo el método directo, a partir del estándar obtenido de la práctica panadera en el estado Barinas, panadería Alto Barinas Sur del Municipio Barinas, Estado Barinas, República Bolivariana de Venezuela, propiedad del maestro panadero Hugo Reyes.

El análisis sensorial se efectuó con un panel de consumidores frecuentes de pan, no entrenado, conformado por tres (3) grupos de veintiséis (26) estudiantes cada uno, de la UNELLEZ, de diversos sexos, edades y procedencias de los estados llaneros. Se efectuó sobre las siete (7) muestras de pan especial de yuca y la muestra control, utilizando una escala

hedónica no estructurada de 10 centímetros de longitud. Los atributos que se medidos fueron: apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura

Tratamiento y análisis de los datos

La información recolectada fue procesada en primer lugar mediante análisis de la varianza (ANOVA) y aplicación de la prueba post hoc de Tukey empleando el software *SPSS V-19*. Seguidamente, se procedió a la optimización vía simulación (OvS) haciendo uso del Programa *SAS JMP 8*. Por su parte, el proceso de modelamiento de cada variable respuesta (Y_i), se realizó utilizando el módulo de Análisis *Screening*. Decidido a priori el uso de modelos lineales aditivos generales de alto orden (MLAGAO) se detectaron términos no significativos en este modelo inicial, se sustituyeron por términos de más alto orden. Los MLAGAO para cada una de las respuestas no generaron excelente bondad de ajuste; ello impulsó la exploración de otro tipo de modelaje que explicara mejor las respuestas, se procedió a ajustar modelos no lineales del tipo Redes Neuronales Artificiales (RNA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis descriptivo de los datos permite observar (Figura 1), que el pan mejor valorado para todos los atributos es el elaborado con 100% HT, y el que mostró menor promedio es el que tenía el máximo de sustitución.

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

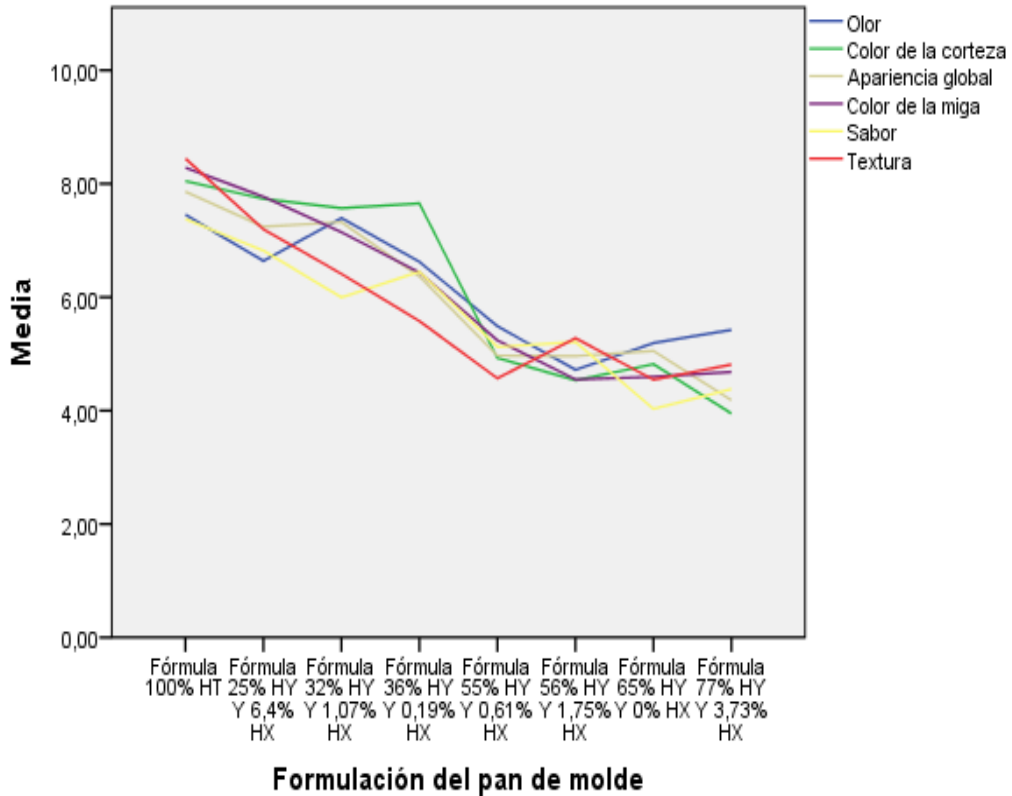


Figura 1. Gráfico de media de los atributos valorados por los consumidores

Los consumidores se inclinan por valorar decrecientemente los atributos al aumentar los niveles de sustitución, estos presentan un comportamiento similar entre sí, se evidencia un grupo conformado por el pan 100% HT y los panes con sustituciones de HY 25, 32 y 36%, que son valorados por encima de la mitad de la escala y otro integrado por los panes cuyas sustituciones van desde 55 hasta 77%. Este comportamiento pareciera independiente del porcentaje de hidrocoloide adicionado. Por otra parte, al aplicar el análisis de varianza – ANOVA- (Tabla 1), se observa que hay diferencias estadísticas significativas en las medias de las valoraciones sensoriales realizadas por los consumidores.

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

Tabla 1. ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Apariencia global	Entre grupos	343,830	7	49,119	10,084	,000
	Dentro de grupos	974,205	200	4,871		
	Total	1318,035	207			
Olor	Entre grupos	198,558	7	28,365	5,342	,000
	Dentro de grupos	1062,053	200	5,310		
	Total	1260,611	207			
Color de la corteza	Entre grupos	548,557	7	78,365	13,620	,000
	Dentro de grupos	1150,759	200	5,754		
	Total	1699,316	207			
Color de la miga	Entre grupos	420,696	7	60,099	11,640	,000
	Dentro de grupos	1032,672	200	5,163		
	Total	1453,368	207			
Sabor	Entre grupos	254,995	7	36,428	6,490	,000
	Dentro de grupos	1122,670	200	5,613		
	Total	1377,665	207			
Textura	Entre grupos	355,398	7	50,771	8,334	,000
	Dentro de grupos	1218,478	200	6,092		
	Total	1573,877	207			

Fuente: Peña (2019)

La prueba estadística post hoc de Tukey (p-valor o sig 0,05), presentada en las Tablas 2, 3, 4, 5, 6 y 7, refleja que, con excepción del atributo color de la corteza, existen tres subconjuntos; destacándose que los panes elaborados con sustituciones parciales hasta el 36 % no tienen diferencias estadísticas significativas en cuanto a los atributos sensoriales estudiados al compararlos con el control elaborado con 100 % harina de trigo.

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

Tabla 2. *Sub conjuntos homogéneos para los atributos apariencia global y Olor*

Formulación del pan de molde	Apariencia global			Olor		
	1	2	3	1	2	3
77% HY Y 3,73% HX	4,184			4,7192		
	6					
56% HY Y 1,75% HX	4,961	4,9615		5,1923		
	5					
55% HY Y 0,61% HX	4,969	4,9692		5,4231		
	2					
65% HY Y 0% HX	5,053	5,0538		5,4885	5,4885	
	8					
36% HY Y 0,19% HX		6,3654	6,3654	6,6231	6,6231	6,6231
25% HY Y 6,4% HX			7,2423	6,6385	6,6385	6,6385
32% HY Y 1,07% HX			7,3231		7,3962	7,3962
100% HT			7,8615			7,4538
Sig.	0,847	0,302	0,226	0,059	0,062	0,898

Fuente: Peña (2019)

Tabla 3. *Sub conjuntos homogéneos para el atributo color de la corteza y de la miga*

Formulación del pan de molde	Color de la corteza			Color de la miga		
	1	2	3	1	2	3
Fórmula 77% HY Y 3,73% HX	3,9500			4,5500		
Fórmula 56% HY Y 1,75% HX	4,5346			4,5962		
Fórmula 65% HY Y 0% HX	4,8192			4,6808		
Fórmula 55% HY Y 0,61% HX	4,9269			5,2385	5,2385	
Fórmula 32% HY Y 1,07% HX		7,5692		6,4346	6,4346	6,4346
Fórmula 36% HY Y 0,19% HX		7,6538			7,1462	7,1462
Fórmula 25% HY Y 6,4% HX		7,7346				7,7731
Fórmula 100% HT		8,0462				8,2808
Sig.	0,823	0,996		0,061	0,055	0,072

Fuente: Peña (2019)

Tabla 4. Sub conjuntos homogéneos para los atributos sabor y textura

Formulación del pan de molde	Sabor			Textura		
	1	2	3	1	2	3
Fórmula 65% HY Y 0% HX	4,0308			4,5462		
Fórmula 77% HY Y 3,73% HX	4,3808			4,5692		
Fórmula 55% HY Y 0,61% HX	5,1231	5,1231		4,8115		
Fórmula 56% HY Y 1,75% HX	5,2115	5,2115		5,2769	5,2769	
Fórmula 32% HY Y 1,07% HX	5,9962	5,9962	5,9962	5,5769	5,5769	
Fórmula 36% HY Y 0,19% HX		6,4500	6,4500	6,4115	6,4115	6,4115
Fórmula 25% HY Y 6,4% HX		6,8192	6,8192		7,1962	7,1962
Fórmula 100% HT Sig.	0,061	0,169	7,3769 0,418	0,121	0,100	8,4423 0,065

Fuente: Peña (2019)

Los resultados encontrados en la evaluación sensorial de los panes coinciden con los reportados por Eddy *et al.*, (2007, p. 2418) y Gellynck *et al.*, (2009, p.22), se observa que las sustituciones parciales afectan la calidad sensorial, y además la evaluación sensorial de “los panes horneados compuestos con 10 y 20 % de harina de yuca no presentaron diferencias estadísticas significativas en la aceptabilidad, comparado con el control”. Sin embargo, difiere con lo informado por estos investigadores, ya que la sustitución del 30 % de HT por HY con adición de hidrocoloides no mostró bajas valoraciones del pan, ni diferencias con el pan elaborado solo con harina de trigo. La apreciación sensorial del color de la miga del pan se ve afectada negativamente con el aumento de los niveles de sustitución de la harina de yuca por harina de trigo, esto puede estar asociado a la acentuación de la coloración informada por Henao (2004, pp.79-94), lo cual puede apreciarse en la figura 2.

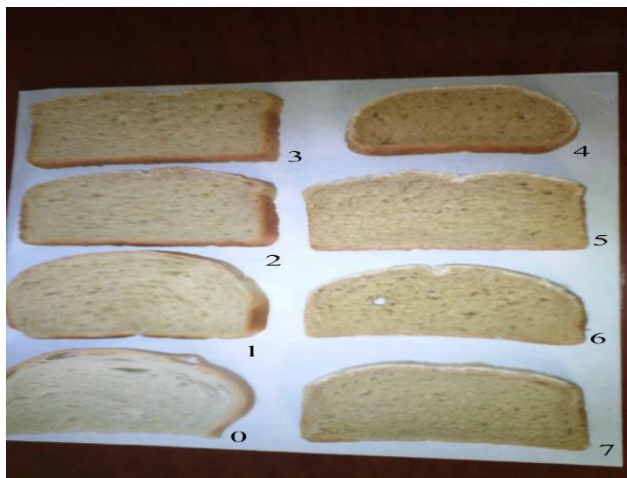


Figura 2. Corte transversal del pan para cada una de las formulaciones donde se aprecia el cambio de color.

Fuente: Peña (2019)

Optimización vía simulación (OvS)

En la Tabla 5 se muestran los modelos de predicción, en los cuales se aprecia que las ecuaciones de regresión reflejan excelente bondad de ajuste, el R^2 es superior al 96 %.

Tabla 5. Metamodelo o modelo de simulación no lineal particionado de RNA y su bondad de ajuste para las respuestas sensoriales

Variable respuesta	Ecuación	R^2
Apariencia global	$5.94+1.32*((-0.03)+0.55*H1+1.19*H2-2.73*H3)$	0,9649
Olor	$6.14+1.07*((0.28)+1.62*H1+0.69*H2-2.73*H3)$	0,9766
Color de la corteza	$6.10+1.73*(0.52+ 0.45*H1+0.47*H2-2.63*H3)$	0,9798
Color de la miga	$5.98+1.38*(0.19+0.23*H1+1.12*H2-2.69*H3)$	0,9778
Sabor	$5.61+1.01*(1.09-0.84*H1+0.48*H2-2.21*H3)$	0,9833
Textura	$5.67+0.99*((-0.25)-0.49*H1+2.15*H2-2.48*H3)$	0,9975

Fuente: Peña (2019)

Al fijar los valores objetivos para cada atributo sensorial, considerando las apreciaciones de los consumidores reflejadas en el subconjunto homogéneo HSD de Tukey,

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

se encuentra la solución óptima para la deseabilidad global. Los resultados acotados se presentan en la Figura 3., la maximización de la Deseabilidad Global se localiza cuando los factores X1, X2 y X3 alcanzan los valores 51,78%; 52,67% y 1% respectivamente, lo cual se corresponde con el 49,10% de harina de yuca; 49,95% de harina de trigo y 0,95% de xantan.

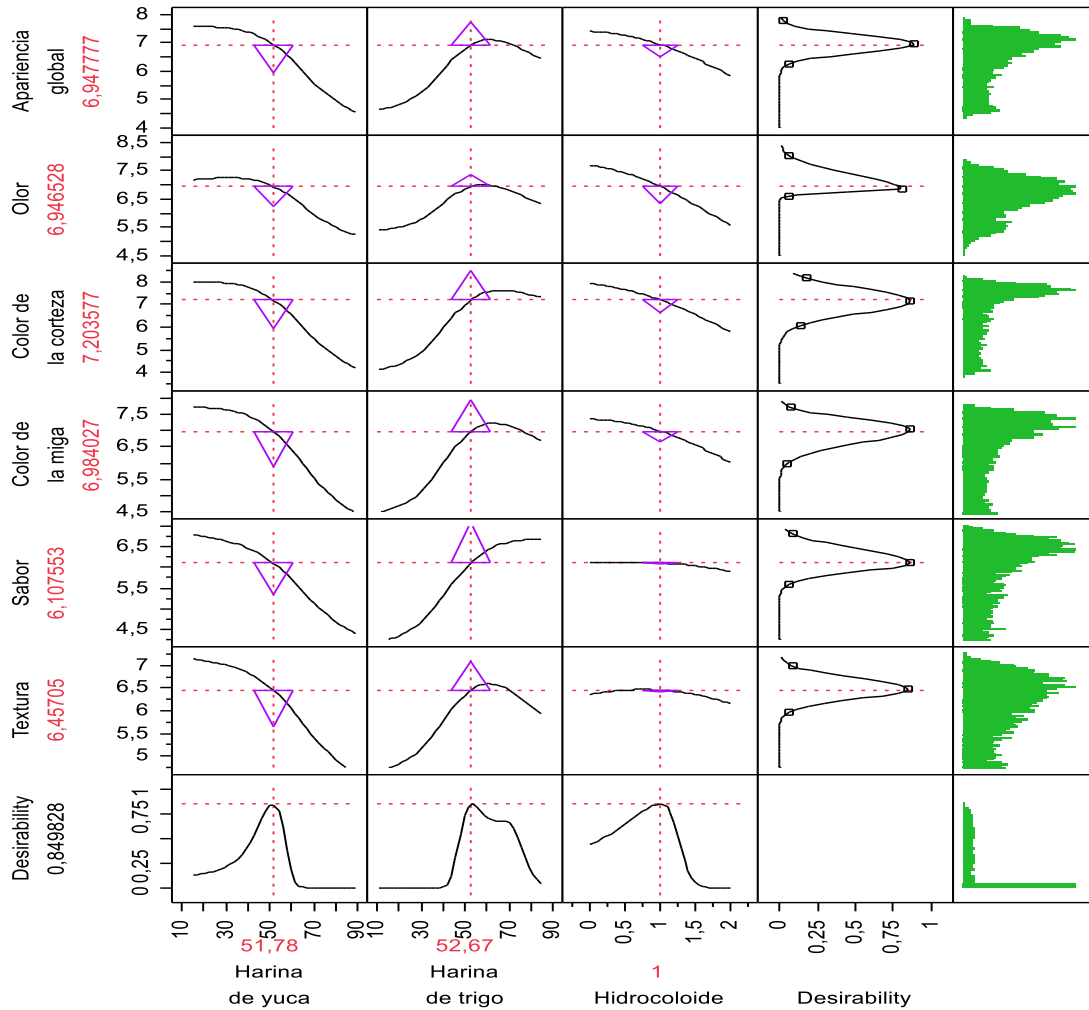


Figura 3. Perfiles de Deseabilidad optimizados para las variables sensoriales.

Fuente: Peña (2019)

La Tabla 6 resume los valores de los factores y de las variables respuestas sensoriales antes y después de alcanzar la solución de OvS.

Tabla 6. Valores de los factores y las variables respuestas sensoriales antes y después de la optimización

Factor y variable respuesta	Sin solución óptima	Solución óptima	Variación [%]
Harina de yuca [%]	49,43	49,10	-0,33
Harina de trigo [%]	49,61	49,95	0,34
Hidrocoloide [%]	0,96	0,95	0,01
Apariencia global	6,92	6,95	0,03
Olor	6,93	6,95	0,02
Color de la corteza	7,15	7,20	0,05
Color de la miga	6,95	6,98	0,03
Sabor	6,06	6,11	0,05
Textura	6,43	6,46	0,03
Deseabilidad Global	67,20	85,00	17,80

Fuente: Peña (2019)

Resalta que una disminución de la participación de la harina de yuca de un 0,33% genera una mejora en la deseabilidad global sensorial de un 17,80%, es decir, el factor harina de yuca se constituye en un condicionante de la calidad sensorial del pan especial de yuca.

La Tabla 7 muestra los valores de los factores optimizados.

Tabla 7. Factores optimizados para las respuestas sensoriales

Factor	Harina de yuca	Harina de trigo	Hidrocoloide xantan
[%]	49,10	49,95	0,95

Fuente: Peña (2019)

CONCLUSIONES

Los atributos apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura, reciben valoraciones menores en la medida que aumenta los porcentajes de sustitución de la harina de trigo por harina de yuca en los panes especiales, siguiendo una relación proporcional inversa es decir a más porcentaje de yuca menor puntuación del atributo, sin embargo, cuando se sustituye hasta el 36 % de harina de trigo por harina de yuca no existen diferencias estadísticas significativas en las medias de las valoraciones sensoriales realizadas por los consumidores al compararlos con el pan elaborado con 100% harina de trigo.

Teóricamente es posible llegar a sustituir hasta el 49,10% de la harina de trigo por harina de yuca en la elaboración del pan, adicionando 0,95% del hidrocoloide xantan, sin afectar sensiblemente las valoraciones sensoriales de apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvis, A., Pérez, L., Arrazola, G. (2011). Propiedades físicas y viscoelásticas de panes elaborados con mezclas de harinas de trigo y arroz integral. Vol. 22(4), 107-116 (2011). doi: 10.4067/S0718-076420110004000012
- Eddy, N., Udofia, P., Eyo, D. (2007). Sensory evaluation of wheat/cassava composite bread and effect of label information on acceptance and preference. *African Journal of Biotechnology*, 6 (20), 2415-2418. Recuperado de <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- Eriksson, E., Koch, C., Tortoe, P., Akonor, C., Oduro-Yeboah. (2014). Evaluation of the physical and sensory characteristics of bread produced from three varieties of cassava and wheat composite flours, *Food and Public Health*, 4 (5), 214-222. doi: 10.5923/j.fph.20140405.02.
- Gellynck, X., Kühne, B., Van De Walle, D., Dewettinck, K. (2009). Consumer perception of bread quality. *Apetite*, 53, 16-23. Doi 10.1016/j.appet.2009.04.002
- Henao, S. (2004). Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.clayuca.org/PDF/panificacion.pdf>. Consultado: 17/08/20.

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

Peña, W. (2019). Efecto del hidocoloide xantan sobre las características físicas, químicas y sensoriales del pan especial de yuca (*Manihot esculenta C*). Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiarum en Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora). República Bolivariana de Venezuela.

AVANCES EN EL ANÁLISIS Y CONTROL DE DIOXINAS EN ALIMENTOS

(ADVANCES IN THE ANALYSIS AND CONTROL OF DIOXINS IN FOOD)

Jordy Gámez-Villazana.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

jordyjavier1@gmail.com.

Recibido: 12-05-2020/ Aceptado: 28-10-2020

RESUMEN

Las dioxinas son contaminantes ambientales antropogénicos persistentes, bioacumulables y tóxicos que pueden encontrarse incluso en lugares aislados. Estos contaminantes son moléculas remanentes clasificadas como dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) y dibenzofuranos policlorados (PCDF) que se caracterizan porque se acumulan a través de la cadena alimentaria, predominantemente en alimentos de origen animal ricos en lípidos, y porque han sido asociados con una serie de efectos adversos en humanos. La detección de dioxinas en la cadena alimentaria es un problema científico complejo y requiere un conocimiento específico sobre los procesos de producción y los cambios de patrones durante la bioacumulación. Esta revisión presenta una descripción general de avances científicos actualizados en el análisis y control de dioxinas en alimentos, examinando los principales métodos de cuantificación usados recientemente. Previamente se estudia minuciosamente la molécula de estas sustancias, haciendo énfasis en las medidas de seguridad con respecto a la ingesta de dioxinas en alimentos y su efecto negativo en la salud relacionados con el cloracne, enfermedades cardiovasculares, disfunciones tiroideas e incluso cáncer, lo que permite tener una mejor comprensión contextual de la situación actual de estas moléculas.

Palabras Clave: Dioxinas, bioacumulación, cloracne.

SUMMARY

Dioxins are persistent, bioaccumulating and toxic anthropogenic environmental pollutants that can be found even in isolated places. These contaminants are remnant molecules classified as polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) and polychlorinated dibenzofurans (PCDF) that are characterized by accumulating throughout the food chain, predominantly in foods of animal origin rich in lipids, and because they have been associated with a series of adverse effects in humans. Detection of dioxins in the food chain is a complex scientific problem and requires specific knowledge about production processes and pattern changes during bioaccumulation. This review presents an overview of up-to-date scientific advances in the analysis and control of dioxins in food, examining the main recently used quantification methods. Previously, the molecule of these substances has been thoroughly studied, emphasizing safety measures regarding the intake of dioxins in food and its negative effect on health related to chloracne, cardiovascular diseases, thyroid dysfunctions and even cancer, allowing have a better contextual understanding of the current situation of these molecules.

Keywords: Dioxins, bioaccumulation, chloracne.

INTRODUCCIÓN

Las sustancias nocivas presentes en los alimentos provocan enfermedades que suelen caracterizarse por diferentes clases de trastornos que lentamente enferman al ser humano (Organización Panamericana de la Salud, PAHO, 2021); este motivo hace que las normativas últimamente contengan información sobre las sustancias permitidas en alimentos para ayudar visiblemente al control de sustancias que son tóxicas. Durante los últimos años se han estado realizando investigaciones que permiten manifestar la preocupación sobre los efectos nocivos que a largo plazo tiene la exposición crónica a bajos niveles de productos químicos o residuos empleados en el procesamiento de alimentos, la agricultura, y los que se producen en el ambiente.

Existe evidencia experimental que muchos de estos compuestos remanentes pueden alterar el desarrollo del sistema endocrino y afectar la salud del ser humano. Una de estas sustancias consideradas un riesgo para los consumidores se denomina dioxina. Las cuales son contaminantes organoclorados lipofílicos ampliamente dispersos en el medio ambiente y almacenados en los tejidos graso, permitiendo la acumulación en la cadena alimentaria

(Fürst, 2019). Por tanto, han sido consideradas como los compuestos más tóxicos producidos por el hombre.

Con referencia a lo anterior, la exposición del ser humano a las dioxinas puede ocurrir por ingestión, inhalación y absorción por la piel. La inhalación y el contacto dérmico pueden ser importantes en individuos altamente expuestos a materiales contaminados, sin embargo, se ha observado que la principal fuente de exposición es la alimentación. Se considera que más del 90% de la exposición a dioxinas en humanos es de origen alimentario (Samsing *et al.*, 2011), principalmente por el consumo de alimentos grasos contaminados, la mayor parte de las dioxinas suele llegar al ser humano a través de la leche, huevos, carne y pescado, al igual que los empaques que son utilizados para envolver los alimentos (Pinzón-Rojas, 2010).

En este sentido, el objetivo de esta investigación es hacer una revisión actualizada de los principales avances en el análisis y control de dioxinas en alimentos, mostrando previamente el efecto de estas moléculas en la salud del consumidor.

DIOXINAS

Las dioxinas pertenecen al grupo de los organoclorados, dentro de los cuales se incluyen cerca de 11.000 sustancias. La molécula es tricíclica aromática y halogenada, con un anillo común a todas, que es, la dibenzo-p-dioxina. Se caracterizan por tener alta liposolubilidad y ser moléculas muy estables y por ello resistentes a la degradación biológica y química (Karchner *et al.*, 2006). Son contaminantes de síntesis que se forman de manera espontánea en diversos procesos industriales. Además, son estables en el ambiente, capaces de permanecer en los tejidos humanos y animales; y por ello hacen bioacumulación, lo que facilita la presentación de toxicidad crónica, como la carcinogenicidad, la mutagenicidad y el efecto disruptor endocrino (Cruz-Carrillo *et al.*, 2010).

Las dioxinas son una clase de sustancias químicas cloradas clasificadas en policlorodibenzo-p-dioxina (PCDD) y policloro dibenzofuranos, (PCDF), y conocidos como contaminantes orgánicos persistentes (COP) debido a sus propiedades físico-químicas, tales como la resistencia a la degradación química, física y biológica, baja volatilidad, capacidad

de ser transportado a cualquier parte del planeta y propensión a la bioacumulación en el tejido graso de los organismos vivos (Sadler y Connel, 2012). Estas sustancias poseen propiedades tóxicas en función del número y de la posición de los átomos de cloro presentes en su estructura. En este particular, la dioxina 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD), es la más tóxica y la más estudiada, e inclusive la Organización Mundial de la Salud (2010a) ha incluido a esta dioxina en su lista oficial de sustancias cancerígenas. Las dioxinas y los furanos son un grupo de 210 compuestos diferentes divididos en 135 furanos y 75 dioxinas, de los cuales sólo los 17 congéneres son motivo de gran preocupación debido a la posición lateral del átomo de cloro en la molécula, lo que le confiere propiedades tóxicas agudas a estos compuestos (Hoogenboom *et al.*, 2015).

DIOXINAS EN ALIMENTOS Y SU EFECTO EN LA SALUD

En los países industrializados ha habido una amplia investigación para obtener más información sobre las concentraciones de dioxinas en muestras de alimentos y tejidos humanos (incluida la leche humana), no obstante, para los países en desarrollo, tales datos todavía son escasos (United Nations Environmental Program, 2017; De Lacerda y Rose, 2015). La falta de capacidad analítica y las bajas inversiones en investigación dan como resultado menos datos disponibles para evaluar los niveles exactos de las dioxinas en esos países.

Uno de los primeros reportes en alimentos lo hizo la US-EPA en 1997 cuando identificó en bolas de arcilla (arcilla con una gran cantidad de materia orgánica) usadas como alimentos para pollos, presencia de dioxinas contaminantes que provocaron problemas a los consumidores. Así mismo, en 1998 fue reportado un lote de pulpa de cítricos contaminada con dioxina, que se utilizó como ingrediente alimentario para rumiantes en Alemania (De Lacerda, 2019; Malisch, 2000).

En el mismo orden de ideas, se ha reportado la presencia de dioxinas en huevos de gallina destinados a consumo humano, debido a la contaminación del alimento de las aves con estos tóxicos (Korkalainem, 2005; Embid, 2004). De igual forma, se evidenció presencia de

dioxina en grasas comestibles de diferentes tipos, no sólo las de origen animal sino también vegetal como producto de su contaminación o por sobrecalentamiento (Hoogenboom, 2007; Huwe y Larsen, 2005). En otro estudio publicado por Cañedo-López y Macias-Zamora (2007), se encontró presencia de PCDDs y PCDFs en peces de cuatro regiones diferentes de México, reportando que los peces de la zona de Pátzcuaro presentaron mayor contenido de PCDD/PCDFs con un promedio de 0,3 pg PCDDs/PCDFs/g grasa peso húmedo.

En 2007, la Comisión Europea alertó de la presencia de altas concentraciones de dioxinas en Goma Guar, un aditivo alimentario utilizado en pequeñas cantidades como espesante en las carnes, productos lácteos, postres y platos precocinados. Este material procedía de la India y estaba contaminado con pentaclorofenol, que a su vez estaba contaminado con dioxinas y furanos (OMS, 2010b). Más reciente, Mohr *et al.*, (2014) reportó niveles de PCDD y PCDF en miel comercial de Brasil y España. En este sentido, debe quedar claro que producto de la permanencia de las dioxinas en el organismo y de su alta liposolubilidad las mujeres lactantes están expuestas a estos compuestos por consumo de alimentos contaminados (Prado, *et ál.*, 2002).

Por otro lado, las dioxinas pueden entrar en la alimentación animal y por tanto a la cadena alimentaria humana a través de una ruta directa, indirecta o ambas. La ruta directa incluye: de aire a planta/suelo, de planta/suelo a animal y de agua/sedimento a peces. En esta ruta, las dioxinas se depositan en la vegetación y en el suelo a través de prácticas agrícolas de pesticidas, fertilizantes e irrigación. Así mismo, las dioxinas pueden entrar por vía directa al sistema acuático con descargas en el agua, por deposición sobre el suelo y por escurrimiento de cuencas hidrográficas pudiendo acumular las especies pesqueras niveles elevados de dioxinas, y por tanto el ingreso en los seres humanos (Naccha-Torres, 2010). Se estima que el 5% del depósito aéreo de dioxinas en el ambiente terrestre son retenidos por plantas y los otros 95% llegan al suelo. Por tanto, las dioxinas transmitidas por el suelo son fuente de reservorio que pueden llegar a plantas usadas como alimentación animal por volatilización y redeposición (IMNA, 2003). La ruta indirecta tiene el potencial para producir elevados niveles de dioxinas en los animales, como por ejemplo las prácticas de la agricultura, las

dietas de los animales y la fabricación de piensos para animales (IMNA, 2003). En este particular, las dioxinas son transportadas por vía atmosférica a productos vegetales destinados a los animales como pastos y forrajes, que a su vez son transmitidos a la carne, leche y productos derivados de estos, y finalmente consumidos por el ser humano (Turrio-Baldassarri *et al.* 2009).

Las dioxinas tienen un alto poder tóxico y una vez ingresadas en el organismo persisten en él durante mucho tiempo dado su estabilidad y su fijación en el tejido graso donde se almacenan y causan efectos nocivos a largo plazo, dependiendo del nivel de exposición, la duración y frecuencia de la exposición. En este sentido, la exposición breve en cantidades elevadas puede provocar lesiones cutáneas como acné clórico y manchas en la piel, alteraciones hepáticas, dolores musculares y articulares, así como también alteraciones neurológicas, psiquiátricas y muerte por enfermedad cardiovascular isquémica. Mientras que exposiciones crónicas a pequeñas dosis implica un efecto cancerígeno por inducción o promoción, desordenes de la función de reproducción, efecto sobre el sistema nervioso central en desarrollo, disrupción endocrina y sistema inmunitario, incluida la inmunosupresión (Schechter *et al.*, 2019; Benvenega *et al.*, 2015; OMS, 2010). Además, debe quedar claro que la disfunción en el sistema inmunitario puede significar mayor sensibilidad a la infección, aumento en la probabilidad de desarrollo de algunos tipos de cánceres, aparición de alergias o enfermedades autoinmune (Benvenega *et al.*, 2015; United Nations Environmental Program, 2014).

Por otro lado, los efectos a corto plazo de la exposición a dioxinas pueden incluir un aumento en los niveles de lípidos en la sangre, dolores de cabeza, náuseas, fatiga y disminución de la libido y la capacidad sexual. La ruta de exposición a las dioxinas para la población en general es en gran medida a través del consumo de alimentos de origen animal. Hasta la fecha, no existe un método conocido para reducir una carga elevada de dioxina en el cuerpo humano (Schechter *et al.*, 2019).

En este sentido, la contaminación de los alimentos con dioxinas, llevó a la Unión Europea en 2001 a tomar varias medidas de control para prevenir el consumo de alimentos

(Malisch y Kotz, 2014). Dentro las acciones tomadas se incluyeron el establecimiento de niveles máximos y niveles de acción para dioxinas en alimentos para animales y humanos, el desarrollo de una red de laboratorios de referencia con metodologías armonizadas y criterios analíticos para la detección y métodos confirmatorios (Comisión Europea, 2011; Malisch y Kotz, 2014). Estas acciones condujeron a una mejor comprensión de los grupos de alimentos que deberían recibir atención de las autoridades (carne, pescado y productos lácteos, por ejemplo) y a un desarrollo de tendencia temporal de exposición alimentaria. Inclusive recientemente en una investigación de una década sobre el consumo de dioxinas a través de muestras de alimentos de origen animal (Pescado y Queso) y vegetal en Italia (Diletti, 2018), se demostró una tendencia decreciente de la ingesta de estas sustancias en esos 10 años, confirmando que la implementación de la estrategia de la Unión Europea para la reducción progresiva general de las dioxinas en la cadena alimentaria está dando resultados positivos.

ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE DIOXINAS EN ALIMENTOS

El análisis y determinación de las dioxinas se realiza por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas de alta resolución (GC-HRMS), que es el método de referencia internacional con más alta sensibilidad para las policlorodibenzo-p-dioxina y policloro dibenzofuranos (EPA Method 1613; European standard EN1948/2006). Sin embargo, se ha probado GC con Espectrometría de Masas de Baja Resolución (LRMS) para la cuantificación de dioxinas en carnes y leches (Naccha-Torres, 2010) y Espectrometría de Masas en Tándem (MS/MS) a presión atmosférica para piensos y matrices de alimentos (Portolés et al., 2016; Ten-Dam *et al.*, 2016). No obstante, en todos los casos es muy complejo y por el alto costo que implica la determinación de estos compuestos tóxicos, solo algunos países industrializados han logrado el desarrollo de metodologías, así como la experiencia en la medición y análisis de dioxinas provenientes de diferentes fuentes.

Se usa principalmente HRMS en el análisis de los compuestos Dioxinas, porque han mejorado considerablemente la calidad de los análisis, ya que se incorporan compuestos o patrones marcados isotópicamente (Van Bavel y Abad, 2008). En este particular, la

cuantificación se realiza mediante el método de dilución isotópica, que está basado en la linealidad de la respuesta del espectrómetro de masas frente a la señal que originan estos compuestos en un intervalo de concentraciones, que viene determinado por las rectas de calibrado, así como por la utilización de un factor de respuesta relativa obtenido a partir de éstas. A continuación en la figura 1, se puede observar las principales etapas de la metodología analítica utilizada para la determinación de dioxinas, siguiendo las recomendaciones del método de referencia internacional.

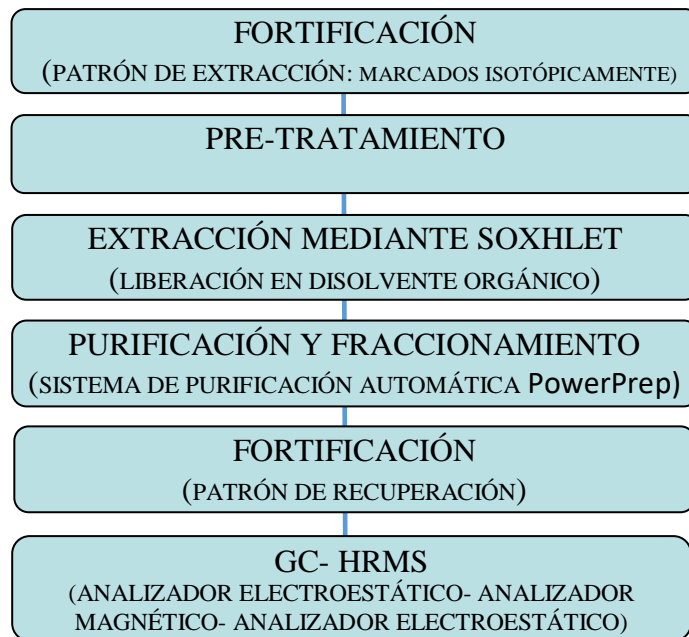


Figura 1. Etapas principales de la metodología analítica utilizada en la determinación de los compuestos tipo dioxinas. Fuente: Adaptado de Martínez-Guijarro (2014).

Un estudio reciente llevado a cabo por Ten-Dam *et al.*, 2016 para la cuantificación de dioxinas en piensos y otras muestras de alimentos demostraron que la GC acoplada a espectrometría HRMS dea mejores resultados respecto a la GC acoplada a Espectrometría de Masas en Tándem (MS/MS), ya que daba una mejor selectividad. Esto lo confirma Taverne-Veldhuizen *et al.*, (2020) quienes determinaron la contaminación por dioxinas

durante el procesamiento industrial del aceite crudo de palma, así como en aceite refinado y sus subproductos e indicaron que el mejor método para el análisis de dioxina es mediante GC-HRMS, ya que se determinaron los perfiles de congéneres en corto tiempo, y se generaron resultados de niveles de equivalentes tóxicos (TEQ) confiables. Así mismo, lo hicieron recientemente Kudryavtseva *et al.*, (2020), quienes estudiaron huevos de gallina de corral como bioindicador de la contaminación por dioxinas (PCDD / PCDFs) en Vietnam y realizaron toda la cuantificación por el método GC-HRMS, encontrando resultados confiables que demostraron que la mayoría de los huevos provenientes del Sur de Vietnam excedieron los límites máximos permitidos en dioxinas, siendo la principal vía de exposición de estas moléculas el suelo.

CONCLUSIONES

Las dioxinas son compuestos indeseables y contaminantes no intencionados obtenidos a partir de procesos térmicos de materias orgánicas y compuestos clorados en presencia de oxígeno, poco biodegradables y muy solubles en las grasas, tendiendo a acumularse en suelos, sedimentos y tejidos orgánicos, pudiendo penetrar en la cadena alimentaria a través de la ingesta de la dieta, y una vez ingresado al organismo humano, persisten en él durante mucho tiempo dado su estabilidad y a su fijación en el tejido graso donde se almacenan constituyendo un riesgo para la salud pública, por lo que es necesario adoptar medidas estrictas en Suramérica para reducir el nivel de contaminación fijando un límite máximo de estos contaminantes en los productos alimenticios.

Para el análisis y cuantificación de dioxinas en alimentos lo más recomendable para un departamento de control de calidad es usar Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas de Alta Resolución, en vista que es un método con alta sensibilidad y bajos límites de detección que permite cuantificar moléculas remanentes de este tipo, con una alta selectividad que proporciona una clara diferenciación frente a otras sustancias interferentes cuyos niveles pueden ser varios órdenes de magnitud superiores, y a la misma

vez es un método con una alta especificidad, alta precisión y exactitud que garantiza la menor dispersión posible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Benvenga, S; Antonelli, A; Vita, R. 2015. Thyroid nodules and thyroid autoimmunity in the context of environmental pollution. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 16:319–340. <https://doi.org/10.1007/s11154-016-9327-6>
- Cañedo-López Y. and Macías-Zamora J.V. 2007. Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans in fish from four different regions of Mexico. *Ciencias Marinas* 33:217-227.
- Comisión Europea (European Commission). 2011. Commission Regulation No 1259/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for dioxins, dioxin-like PCBs and non dioxin-like PCBs in foodstuffs. *Off. J. Eur. Union*: 18-23(3dez.L320).
- Cruz-Carrillo, A; Moreno-Figueroa, G; Lara-Osorio, M. 2010. Toxicología de las dioxinas y su impacto en la salud humana. *Revista de Medicina Veterinaria*, 19 (1):73-84.
- De Lacerda, J.P.A. 2019. The History of the Dioxin issue in Brazil: From citrus pulp crisis to food monitoring (REVIEW). *Environment International*, 122: 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.016>
- De Lacerda, J.P.A. y Rose, M. 2015. Human exposure to dioxins and PCBs in Brazil: a rough estimation and data gaps. *Organohalogen Compd.* 77: 329–332.
- Diletti, G; Scortichini, G; Abete, M. C; Binato, G; Candeloro, L; Ceci, R; Chessa, G; Conte, A; Di Sandro, A; Esposito, M; Fedrizzi, G; Ferrantelli, V; Ferretti, E; Menotta, S; Nardelli, V; Neri, B; Piersanti, A; Roberti, F. y Brambilla, G. 2018. Intake estimates of dioxins and dioxin-like polychlorobiphenyls in the Italian general population from the 2013-2016 results of official monitoring plans in food. *Science of The Total Environment*, 627 (15): 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.181>.
- Embido, A. 2004. “Dioxinas: de Vietnam a nuestra vida cotidiana”. *Medicina Medioambiental* 49: 204–246.
- EN-1948-1,2,3., 2006. European Standard, Stationary Source Emissions. Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

- EPA Method 1613, 1994. Tetra- through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotopic Dilution HRGC/HRMS; EPA: Washington, DC, 1994; <http://www.epa.gov/region03/1613.pdf>
- Fürst, P. 2019. Dioxins and Dioxin-like PCBs in Feed and Food. *Encyclopedia of Food Chemistry*: 384-392. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21806-4>
- Institute of Medicine of National Academies (IMNA). 2003. Dioxins and Dioxins-like Compounds in the food Supply: Strategies to decrease exposures: 37-74.
- Karchner, S.I; Franks, D.G; Keneddy, S.W. y Hahn, M.E.. 2006. “The molecular basis for differential dioxin sensitivity in birds: Role of the aryl hydrocarbon receptor”. *Proc Natl Acad Sci*, 103 (16): 6252–6257.
- Korkalainen, M.2005. “Structure and expression of principal proteins Involved in dioxin signal transduction and potentially in dioxin sensitivity”. Publications of the National Public Health Institute, KTL A11.
- Kudryavtseva, A. D; Shelepchikov, A. A. Brodsky, E. S. 2020. Free-range chicken eggs as a bioindicator of dioxin contamination in Vietnam, including long-term Agent Orange impact. *Emerging Contaminants*, 6: 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.02.003>
- Hoogenboom, L.A.P. 2007. “A novel source for dioxins present in recycled fat from gelatin production”. *Chemosphere*, 68 (5): 814–823.
- Hoogenboom, R.; Traag, W; Fernandes, A; Rose, M. 2015. European developments following incidents with dioxins and PCBs in the food and feed chain. *Food Control*, 50: 670–683
- Huwe, J.K. y Larsen, G.L. 2005. “Polychlorinated dioxins, furans, and biphenyls, and polybrominated diphenyl ethers in a U.S. meat market basket and estimates of dietary intake”.39 (15): 5606–5611.
- Malisch, R. y Kotz, A. 2014. Dioxins and PCBs in feed and food–review from European perspective. *Sci.Total Environ.*2(10).
- Malisch, R. 2000. Increase of the PCDD/F-contamination of milk, butter and meat samples by use of contaminated citrus pulp. *Chemosphere* 40: 1041–1053.
- Martínez-Guijarro, K. 2014. Policlorodibenzo-p-dioxinas, Policlorodibenzofuranos (PCDD/Fs) y bifenilos Policlorados (dl-pcbs) en la gestión de residuos y El medio ambiente. Tesis Doctoral de Química Analítica del Medi Ambient i. Universidad de Barcelona Facultad de Química. Departamento de Química Analítica. 236 pg.

- Mohr, S., García-Bermejo, A., Herrero, L., Costabeber, I.H., González, M.J., 2014. Determination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs) and dioxin-like polychlorinated biphenyls (dl-PCBs) in commercial honeys from Brazil and Spain. *Organohalogen Compd*, 76: 530–533.
- Naccha-Torres, L. 2010. Cuantificación de dioxinas por cromatografía de Gases/espectrometría de masas de baja resolución (gc/lrms) en carnes y leches consumidos en nuevo león. Tesis Doctoral en Ciencias con Acentuación en Alimentos. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. 204 pg.
- OMS (World Health Organization). 2010a. Exposure to Dioxins and Dioxin like Substances: A Major Public Health Concern. WHO, Geneva (6p).
- OMS (Organización Mundial de la salud), 2010b. Las dioxinas y sus efectos en la salud humana. Nota descriptiva N°225. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/es/>.
- PAHO (Organización Panamericana de la Salud). 2021. Peligros Químicos. Consultado y recuperado en: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10849:2015-peligros-quimicos&Itemid=41432&lang=en
- Pinzón-Rojas, L.D. 2010. Dioxina en los alimentos, riesgo en la salud de los consumidores. Trabajo de Grado de Ingeniería de Alimentos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Facultad de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería. 118 pg.
- Portolés, T; Sales, C; Abalos, M; Sauló, J. y Abad, E. 2016. Evaluation of the capabilities of atmospheric pressure chemical ionization source coupled to tandem mass spectrometry for the determination of dioxin-like polychlorobiphenyls in complex-matrix food samples. *Analytica Chimica Acta*, 937 (21): 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.06.038>
- Prado, F.; Carabias, M.; Rodríguez, E. y Herrero, H. 2002. “Presencia de residuos y contaminantes en leche humana”. *Revista Española de Salud Pública* 76(2): 121-132.
- Sadler, R. y Connel, D. 2012. Global Distillation in an Era of Climate Change, Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention-Environmental and Analytical Update. S.I. Intech: 191–216.
- Samsing, F.; Bustos-López, C.; Schoffer, J.T.; Mattar, C.A.; González, A.; Robles, C.; Acevedo, O.; Valdovinos, C.E. 2011. Insumos Utilizados em la preparación de alimentos em producción porcina y su potencial de contaminación por dioxinas em la carne. *Arch Med Vet* 43: 287–294.

- Schechter, A.J; Colacino, J.A; Birnbaum, L.S. 2019. Dioxins: Health Effects. Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition): 135-142. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11755-5>
- Taverne-Veldhuizen, W; Hoogenboom, R; tenDam, G; Herbes, R. y Luning, P. 2020. Understanding possible causes of exceeding dioxin levels in palm oil by-products: An explorative study. Food Control, 108 (February): 106777. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106777>
- Ten-Dam, G; Cabreira-Pussente, I; Scholl, G; Eppe, G; Schaechtele, A. y Leeuwen, S. 2016. The performance of atmospheric pressure gas chromatography–tandem mass spectrometry compared to gas chromatography–high resolution mass spectrometry for the analysis of polychlorinated dioxins and polychlorinated biphenyls in food and feed samples. Journal of Chromatography A, 1477 (16): 76-90. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2016.11.035>
- Turrio-Baldassarri L., Alivernini S., Carasi S., Casella M., Fuselli S., Iacovella, N., Iamiceli A.L., La Rocca C., Scarcella C., Battistelli C.L. 2009. PCB, PCDD and PCDF contamination of food of animal origin as the effect of soil pollution and the cause of human exposure in Brescia. Chemosphere 76: 278-285.
- United Nations Environmental Program. 2014. Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants–Second Regional Monitoring Report. (101p).
- United Nations Environmental Program. 2017. Effectiveness Evaluation of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants Pursuant to Article 16. Geneva. (26p).
- Van Bavel B., Abad E., 2008. Long-Term Worldwide QA/QC of Dioxins and Dioxin-like PCBs in Environmental Samples. Analytical Chemistry, 80: 3956–3964.

**MEJORAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE QUÍMICOS
PARA LIMPIEZA MEDIANTE EL USO DE PRÁCTICAS ESBELTAS**

***(IMPROVEMENTS IN THE INDUSTRIAL PRODUCTION PROCESS OF
CHEMICAL PRODUCTS FOR CLEANING THROUGH THE USE OF LEAN
PRACTICES)***

Diego Borzellino

Venezuelan Company of Engineering, Projects and Consultancy, VENPROCONSULT, C.A. Barquisimeto-
Estado Lara, Venezuela.

borzellinosanchezdiegoalberto@gmail.com

Recibido: 15-11-2020/ Aceptado: 05-12-2020

RESUMEN

El uso de las prácticas esbeltas dentro de cualquier organización, trae consigo grandes beneficios. Considerar la aplicación de los principios de la manufactura esbelta en los procesos de producción industrial de químicos para limpieza, partiendo de la aplicación del *Método Iterativo para el Control de Desperdicios* es el objetivo general de este trabajo. El disminuir los costos y agregar valor a la cadena productiva, es uno de los principales beneficios que aporta la manufactura esbelta; esto, como resultado de emprender acciones dirigidas a reducir elementos improductivos, conocidos como *desperdicios, despilfarros o pérdidas*. Desde la perspectiva metodológica, el estudio se presenta como una investigación de tipo *interactiva*, con un nivel de profundidad *integrativo*, donde el investigador tiene un mayor grado de implicación con los eventos de estudio con el fin de transformarlos, considerando aspectos explicativos basados en la experimentación y los hechos, con un diseño *experimental* de propósito *aplicado*, orientado a mejorar los procesos existentes; donde resalta la aplicación del *Método Iterativo para el Control de Desperdicios*, el cual contempla dentro de sus fases la aplicación del *Modelo Borroso para el Control de Desperdicios en Sistemas Productivos Industriales de Manufactura Esbelta*, ambos productos desarrollados por el autor. Como resultados obtenidos de esta aplicación, se recomienda la implantación del *TQM* como un sistema de gestión de la calidad para toda la organización, el empleo del *Trabajo Estandarizado*, la aplicación de las *5 Eses*, el uso del *Takt Time*, tomando en consideración el empleo integrado de los sistemas *Pull, Kanban y Heijunka*.

Palabras Clave: Productos Químicos, Manufactura Esbelta y Desperdicios.

ABSTRACT

Using lean practices within any organization brings great benefits. Considering the application of the principles of lean manufacturing in the processes of industrial production of chemical products for cleaning, starting from the application of the *Iterative Method for the Control of Waste* is the general objective of this work. Lowering costs and adding value to the production chain is one of the main benefits of lean manufacturing; this, as a result of taking actions aimed at reducing unproductive elements, known as wastes. From the methodological perspective, the study is presented as an *interactive* research, with an *integrative* depth level, where the researcher has a greater degree of involvement with the study events in order to transform them, considering explanatory aspects based on experimentation and the facts, with an *applied-purpose* experimental design, aimed at improving existing processes; where the application of the *Iterative Method for Wastes Control* stands out, which contemplates within its phases the application of the *Fuzzy Model for Wastes Control in Industrial Productive Systems of Lean Manufacturing*, both products developed by the author. As results obtained from this application, the implementation of *TQM* as a quality management system for the entire organization is recommended, the use of *Standardized Work*, the application of the *5 Eses*, the use of *Takt Time*, taking into consideration the employment integrated of *Pull*, *Kanban* and *Heijunka* systems.

Keywords: Chemical products, Lean Manufacturing, and Wastes.

INTRODUCCIÓN

Los productos de limpieza, tales como: jabones, detergentes, desinfectantes, desengrasantes, y limpiadores, son productos químicos ampliamente utilizados dentro de la industria y el hogar. Ellos, desempeñan un papel protagónico en las operaciones de limpieza, eliminando la suciedad; esto es, en el lavado y desinfección de superficies, mantenimiento de instalaciones, equipos, maquinarias, objetos y prendas en general. Según el manual de Publicaciones Vértice, S.L. (2007), la limpieza está asociada a un conjunto de operaciones físicas y químicas de carácter higienizante que permiten eliminar la suciedad. El agua, como sustancia funcional, es considerada básica para las operaciones de limpieza; actuando como disolvente en gran parte y tipos de suciedades, con algunas limitaciones. Es por ello, que es necesario la incorporación de ciertos químicos para mejorar el poder limpiador del producto resultante; y considerar además para una mayor eficacia, otros

factores de mejora como acciones mecánicas y formas de aplicar el producto, reactividad entre el producto y la suciedad, tiempo de contacto entre ambos y temperatura óptima de aplicación.

En tal sentido, debido a la relevancia que tienen los productos químicos de limpieza tanto para la industria como para el hogar, mejorar la calidad de los mismos y sus procesos de producción despierta un alto interés en quienes buscan aumentar la productividad de estos sistemas de producción industrial; agregando valor y disminuyendo los costos de producción, para generar prácticas y procedimientos libres de desperdicios. En su concepción, la manufactura esbelta define al desperdicio como “todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción”, (Hay, 2003, p.9); De allí se deriva, según lo establecido por Ohno (1988), los siete (7) tipos de desperdicios existentes dentro de un sistema de producción estándar: defectos, sobreproducciones, existencias de productos esperando procesamiento o consumo adicional, procesamientos innecesarios, movimientos innecesarios en el personal, transporte de productos innecesarios y esperas de los empleados o máquinas. (Womack y Jones, 2012; Borzellino y Estrada, 2019).

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló dentro de las instalaciones de una planta industrial ubicada en la zona industrial de Castillito, municipio San Diego, del estado Carabobo, República Bolivariana de Venezuela. Metodológicamente, según Hurtado (2012), la investigación se caracteriza por ser de naturaleza interactiva, con un nivel de profundidad integrativo, donde el investigador tiene un mayor grado de implicación con aquellos eventos considerados objetos de estudio, con el fin de alcanzar su transformación. Asimismo, posee un diseño experimental de propósito aplicado, (Arias, 2012), que busca mejorar los procesos existentes; donde resalta el empleo del *Método Iterativo para el Control de Desperdicios*, y la aplicación del *Modelo Borroso para el Control de Desperdicios en Sistemas Productivos Industriales de Manufactura Esbelta*, (Borzellino, 2020), como herramientas que sirven de guía para una selección eficaz de las prácticas

esbeltas, proponiendo soluciones prácticas al problema de desperdicios en los procesos de producción de químicos para limpieza. En concordancia con lo anterior, se realiza un análisis de toda la cadena de valor, utilizando como técnicas la observación directa del proceso productivo, las entrevistas al personal de planta, una revisión documental del tema en cuestión y el uso de los conceptos de manufactura esbelta y otras herramientas de apoyo *lean*, propias de la ingeniería industrial.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De manera simplificada, se muestra a continuación la aplicación del Método Iterativo para el Control de Desperdicios, ciclo que promueve la mejora continua de los procesos productivos industriales, eliminando y evitando la generación de nuevos desperdicios mediante el control de los mismos. La Figura 1, muestra el ciclo, con sus fases y pasos.

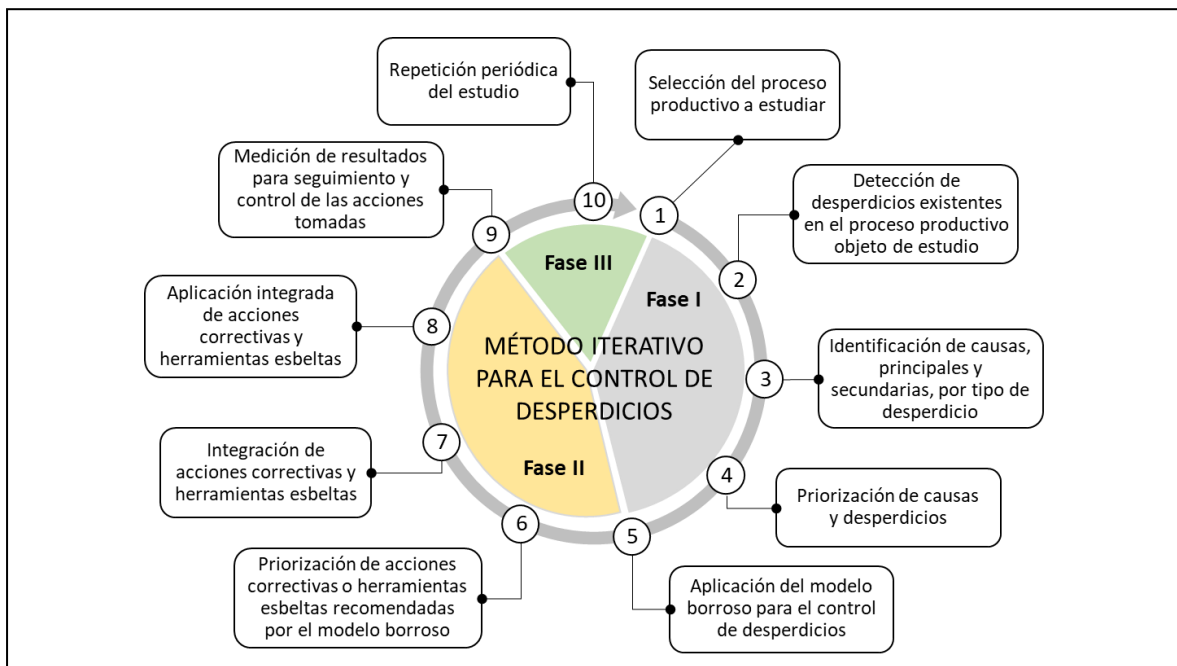


Figura 1. Método Iterativo para el Control de Desperdicios en Procesos Productivos Industriales de Manufactura Esbelta.

Fuente: Borzellino (ob. cit.).

MEJORAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE QUÍMICOS PARA LIMPIEZA MEDIANTE EL USO DE PRÁCTICAS ESBELTAS

La *Fase I*, contempla los primeros cuatro (4) pasos establecidos para el ciclo: desde la selección del proceso productivo que será objeto de estudio, hasta la priorización de las causas y desperdicios identificados en dicho proceso. Así se tiene:

1.- *Selección del proceso productivo a estudiar*: Para el presente trabajo de investigación, se selecciona el proceso de producción industrial de químicos para limpieza (jabones, detergentes, desinfectantes, desengrasantes, y limpiadores).

2.- *Detección de los desperdicios existentes en el proceso productivo objeto de estudio*: Mediante el uso de las técnicas e instrumentos para la recolección de información, se detectan los siguientes tipos de desperdicios en el proceso productivo, los cuales se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1. Desperdicios detectados en el proceso de producción industrial de químicos para limpieza.

N°	DESPERDICIOS	ANOMALÍAS
1	Defectos en los Productos	Producciones defectuosas (lotes de productos fuera de especificaciones); almacenadas en el área de productos para reprocesos, o en el área de productos no recuperables (para gestionar su disposición final).
2	Existencias de productos esperando procesamiento o consumo adicional	Acumulaciones de productos intermedios (retenidos en cualquier etapa del proceso productivo), productos para reprocesos y productos para gestionar su disposición final.
3	Procesamiento innecesario	Análisis excesivo de muestras en el laboratorio, para asegurar la calidad de los productos; y operaciones derivadas de reprocesos como reenvasado y reetiquetado de productos.
4	Movimientos no necesarios realizados por el personal	Movimientos asociados a operaciones de reenvasado y reetiquetado de productos; y aquellos relacionados con el muestreo excesivo de productos en proceso.
5	Transportes innecesarios de productos	Traslados de productos defectuosos, desde el área de producción hasta el área de reprocesos, y viceversa. También se incluyen, los traslados innecesarios de muestras para el laboratorio.

Fuente: El Autor (2021).

3.- *Identificación de causas, principales y secundarias, por tipo de desperdicio detectado*: De manera similar al paso anterior, mediante el empleo de las técnicas e instrumentos para la recolección de información, se detectan las siguientes causas por tipo de desperdicio en el proceso productivo, las cuales se especifican en la Tabla 2.

**MEJORAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE QUÍMICOS PARA LIMPIEZA
MEDIANTE EL USO DE PRÁCTICAS ESBELTAS**

Tabla 2. Causas de desperdicios identificadas en el proceso de producción industrial de químicos para limpieza.

N°	DESPERDICIOS	CAUSAS IDENTIFICADAS
1	Defectos en los Productos	<ul style="list-style-type: none"> - Métodos de trabajo no estandarizados. - Falta de orden en el área de trabajo. - Control deficiente de la calidad de los procesos y productos.
2	Existencias de productos esperando procesamiento o consumo adicional	<ul style="list-style-type: none"> - Reprocesos y retrabajos. - Inventarios.
3	Procesamiento innecesario	<ul style="list-style-type: none"> - Métodos de trabajo no estandarizados. - Baja coordinación entre operarios. - Reprocesos y retrabajos.
4	Movimientos no necesarios realizados por el personal	<ul style="list-style-type: none"> - Métodos de trabajo no estandarizados. - Baja coordinación entre operarios. - Falta de orden en el área de trabajo. - Reprocesos y retrabajos.
5	Transportes innecesarios de productos	<ul style="list-style-type: none"> - Métodos de trabajo no estandarizados. - Baja coordinación entre operarios. - Reprocesos y retrabajos.

Fuente: El Autor (2021).

4.- *Priorización de las causas y desperdicios asociados:* Se priorizan las causas identificadas y los desperdicios detectados en el proceso productivo, considerando la repetitividad de los mismos. La Tabla 3, muestra las prioridades establecidas entre ellos.

Tabla 3. Priorización de causas y desperdicios en el proceso de producción industrial de químicos para limpieza.

		DESPERDICIOS	Priorización				TOTAL	
			1	2		3		
			Movimientos no necesarios realizados por el personal	Defectos en los Productos	Procesamiento innecesario	Transportes innecesarios de productos		Existencias de productos esperando procesamiento o consumo adicional
Priorización	1	Métodos de trabajo no estandarizados.	X	X	X	X	4	
		Reprocesos y retrabajos.	X		X	X	4	
	2	Baja coordinación entre operarios.	X		X		3	
	3	Falta de orden en el área de trabajo.	X	X			2	
	4	Control deficiente de la calidad de los procesos y productos.		X			1	
		Inventarios.				X	1	
TOTAL			4	3	3	3	2	15

Fuente: El Autor (2021).

La *Fase II*, está conformada por los siguientes cuatro (4) pasos del ciclo: desde la aplicación del *Modelo Borroso para el Control de Desperdicios*, hasta la aplicación integrada de las acciones correctivas y herramientas esbeltas recomendadas por el modelo. En efecto, se tiene:

5.- *Aplicación de Modelo Borroso para el Control de Desperdicios*: Tomando en consideración el modelo borroso desarrollado por Borzellino (ob. cit.), el cual funciona como un modelo *clasificador borroso* que asigna a cada causa identificada las posibles soluciones para su corrección, proporcionando acciones correctivas que son de carácter inmediato, o herramientas esbeltas que pueden ser aplicadas eficazmente para corregir anomalías causantes de desperdicios. La Tabla 4, muestra las recomendaciones respectivas dadas por el modelo borroso.

Tabla 4. Herramientas esbeltas recomendadas mediante la aplicación de modelo borroso para el control de desperdicios en el proceso de producción industrial de químicos para limpieza.

N°	CAUSAS	HERRAMIENTAS ESBELTAS RECOMENDADAS
1	Métodos de trabajo no estandarizados.	– Trabajo Estandarizado.
2	Reprocesos y retrabajos.	– TQM (Total Quality Management).
3	Baja coordinación entre operarios.	– Trabajo Estandarizado.
4	Falta de orden en el área de trabajo.	– 5 Eses.
5	Control deficiente de la calidad de los procesos y productos.	– TQM (Total Quality Management).
6	Inventarios.	– Pull System. – Kanban. – Heijunka. – Takt Time.

Fuente: El Autor (2021).

6.- *Priorización de las acciones correctivas o herramientas esbeltas recomendadas por el modelo borroso*: La priorización de las acciones correctivas y herramientas esbeltas, se realiza en función decreciente al número de causas a atacar, con preferencia en aquellas causas asociadas a más tipos de desperdicios. La Tabla 5, muestra las prioridades dadas para el sistema de *causas - herramientas esbeltas - desperdicios*.

Tabla 5. Priorización de acciones correctivas o herramientas esbeltas recomendadas por el modelo borroso en el proceso de producción industrial de químicos para limpieza.

CAUSAS		DESPERDICIOS					HERRAMIENTAS ESBELTAS		
		Priorización							
		1	2		3				
		Movimientos no necesarios realizados por el personal	Defectos en los Productos	Procesamiento innecesario	Transportes innecesarios de productos	Existencias de productos esperando procesamiento o consumo adicional			
Priorización	1	Métodos de trabajo no estandarizados.	X	X	X	X		Trabajo Estandarizado.	Priorización
		Reprocesos y retrabajos.	X		X	X	X	TQM (Total Quality Management).	
	2	Baja coordinación entre operarios.	X		X	X		Trabajo Estandarizado.	
	3	Falta de orden en el área de trabajo.	X	X				5 Eses.	
	4	Control deficiente de la calidad de los procesos y productos.		X				TQM (Total Quality Management).	
		Inventarios.					X	Pull System. Kanban. Heijunka. Takt Time.	

Fuente: El Autor (2021).

7.- *Integración de las acciones correctivas y herramientas esbeltas a aplicar:* Se integran las herramientas esbeltas recomendadas por el modelo borroso, considerando las acciones correctivas sugeridas; subordinando entre sí, según aquellas consideradas de carácter u orden superior. La Figura 2, muestra la jerarquización dada entre las distintas herramientas esbeltas y acciones correctivas recomendadas por el modelo borroso.

8.- *Aplicación integrada de las acciones correctivas y herramientas esbeltas recomendadas por el modelo:* Se implementan las soluciones recomendadas por el modelo borroso, tomando en consideración la jerarquización establecida en el paso anterior. Este paso, representa la puesta en marcha de las soluciones acordadas, y el punto de partida para iniciar la última fase del ciclo de control.

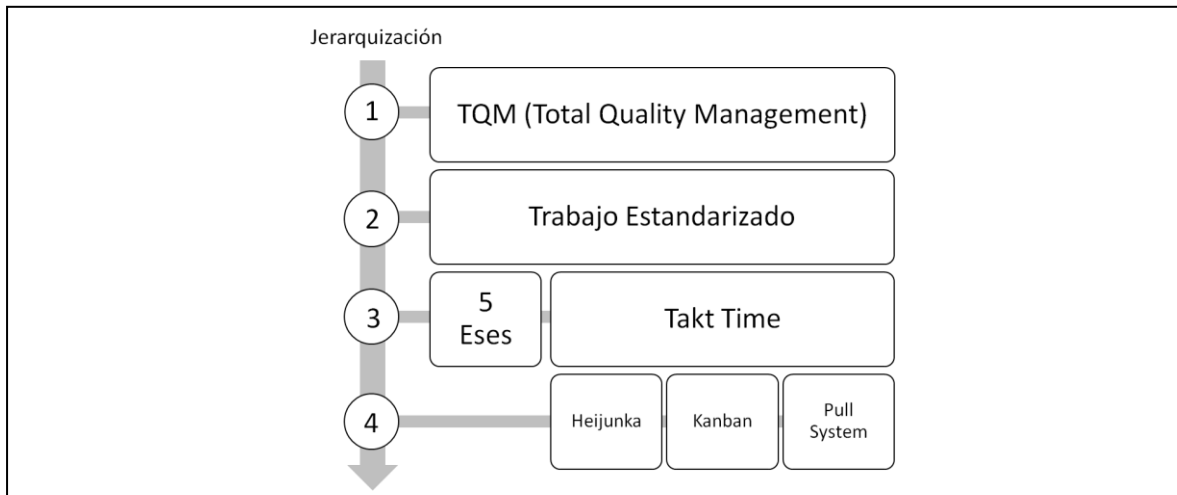


Figura 2. Jerarquización de herramientas esbeltas.

Fuente: El Autor (2021).

La *Fase III*, está compuesta por los dos (2) últimos pasos del ciclo, y hace referencia a la medición de los resultados de la implementación para el seguimiento y control de acciones tomadas, y el reinicio del ciclo, para realizar ajustes y afinar las acciones implementadas, que conlleven a erradicar los desperdicios y evitar la generación de otros tipos de despilfarros. En tal sentido, se tiene:

9.- *Medición de resultados para seguimiento y control de acciones tomadas:* Se monitorea la puesta en marcha de las soluciones integradas, se establecen indicadores para medir las implementaciones hechas, haciendo el seguimiento y control de las mismas.

10.- *Repetición periódica del estudio:* Necesario para promover la mejora continua de los procesos, eliminar los desperdicios tratados y evitar la generación de nuevas pérdidas.

CONCLUSIONES.

En concordancia con las recomendaciones dadas por el modelo, para disminuir los desperdicios identificados en el proceso de producción de químicos para limpieza, se tomaron como acciones a seguir:

a) La adopción del *TQM*, como un sistema de gestión de la calidad para toda la organización: Con la implantación del *TQM*, se pretende integrar todas las funciones y procesos que existen dentro de la organización para lograr una mejora continua de la calidad de los productos químicos de limpieza; y alcanzar la certificación *ISO9001*, a través del cumplimiento de los requisitos señalados en la norma respectiva (*ISO9001:2015*). El *TQM*, con el compromiso de la dirección y la participación de todo el personal, ayuda a obtener producciones buenas a la primera (*FTQ: First Time Quality*); disminuyendo los desperdicios asociados a defectos en los productos, originados por: control deficiente de la calidad de los procesos y productos, métodos de trabajos no estandarizados, y falta de orden y limpieza en el área de trabajo; causantes de las operaciones de reprocesos y retrabajos; que generan a su vez, otros desperdicios como: existencias de productos esperando procesamiento o consumo adicional, procesamientos, movimientos y transportes innecesarios. (Ross, 2017).

b) La integración de las herramientas *Heijunka*, *Kanban* y *Pull System*, subordinadas al *Takt Time*, para mejorar la planificación y ejecución de la producción: La integración de los sistemas *Heijunka*, *Kanban* y *Pull*, supeditados a los principios del *Takt Time*, permiten alcanzar producciones equilibradas a un ritmo que satisface las demandas del plan de ventas; considerando la mejor secuencia y tamaño de los lotes de productos a fabricar y los ciclos de producción por productos. Con el diseño de un sistema de trabajo tipo *Pull*, apoyado en el uso de tarjetas *Kanban*; se hace referencia al uso del *Just in Time (JIT)*, que busca que cada proceso produzca lo demandado por el proceso siguiente, evitando la generación de inventarios. Con la incorporación de estas herramientas, disminuyen los desperdicios por existencias de productos en proceso, asociados a inventarios en la cadena productiva. (Monden, 1996; Hernández y Vizán, 2013; Platas y Cervantes, 2014; Folinas *et al.*, 2017).

c) La implantación de un sistema para el mantenimiento del orden y la limpieza dentro de la planta industrial, basado en los principios de la filosofía *5 Eses*: Se realizaron jornadas especiales para el mantenimiento y orden de la planta, tomando en consideración

la metodología de implantación del 5 *Eses*. Se hizo una selección y clasificación de objetos; a fin de conservar, ordenado y limpio, lo necesario para cada área de trabajo, estableciendo lugares fijos para cada cosa. Asimismo, se llevó a cabo la señalización de la planta y la identificación de áreas, máquinas, equipos, materiales y tuberías. Para incorporar a la cultura organizacional el hábito de mantener el orden y la limpieza, se dictaron charlas relacionadas con la implantación del 5 *Eses* y se establecieron políticas de trabajo para promover el mantenimiento autónomo; adicionalmente, se creó un formato de evaluación por áreas, que permitiera medir y obtener un indicador del cumplimiento del programa. Con el 5 *Eses*, disminuyen los desperdicios de defectos en los productos y movimientos innecesarios, entre otros, causados por la falta de orden en el lugar de trabajo. (Piñero *et al.*, 2018).

d) Uso del Trabajo Estandarizado, a nivel organizacional: Asumidas las herramientas anteriores, se crean y actualizan los formatos necesarios por áreas para la implantación del sistema de gestión de la calidad. Se crean los formatos, manuales de procedimientos y prácticas de trabajo necesarios para el establecimiento del sistema de producción de arrastre (*Pull*) basado en el uso de las tarjetas *Kanban*; así como también, el uso de formatos para el orden y limpieza. Con las medidas de estandarización, disminuyen los desperdicios por defectos en los productos, por procesamientos, movimientos y traslados innecesarios, asociados al uso de métodos de trabajo no estandarizados. El trabajo estandarizado se enfoca en las operaciones, en las actividades que realizan los operadores; especificando la rutina de trabajo que satisface la demanda del cliente, con bajas cantidades de inventario. (Hernández y Vizán, 2013; Fazinga *et al.*, 2019).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición. Editorial Episteme, C.A. Caracas, Venezuela. 144 p.
- Borzellino, D. (2020). Modelo Borroso para el Control de Desperdicios en Procesos Productivos Industriales de Manufactura Esbelta. Universidad Nacional Experimental

- Politécnica “Antonio José de Sucre” (UNEXPO). Dirección de Investigación y Postgrado (DIP). Tesis Doctoral. Barquisimeto, Venezuela. 292 p.
- Borzellino, D. y Estrada, E. (2019). Manufactura Esbelta en Procesos de Producción de Licores de Agave Cocui y Agave Sisalana. Revista Agrollanía. Volumen 17. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales (UNELLEZ). San Carlos, Venezuela. Pp: 10-17.
- Fazinga, W., Saffaro, F., Issato, E. y Lantelme, E. (2019). Implementación del Trabajo Estandarizado en la Industria de la Construcción. Revista ingeniería de Construcción. Vol. 34. N° 3. Santiago, Chile.
- Folinas, D., Fotiadis, T. y Coudounaris, D. (2017). Just-in-Time Theory: The Panacea to the business Success?. International Journal of Value Chain Management. Volumen 8. N° 2. Inderscience Publisher. United Kingdom. Pp: 171-190.
- Hay, E. (2003). Justo a Tiempo. La Técnica Japonesa que Genera Mayor Ventaja Competitiva. Editorial Norma, S.A. Bogotá, Colombia. 255 p.
- Hernández, J. y Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing. Conceptos, Técnicas e Implantación. Fundación EOI. Madrid, España. 174 p.
- Hurtado, J. (2012). Metodología de la Investigación. Guía para la Comprensión Holística de la Ciencia. 4ta. Edición. Ciea-Sypal y Ediciones Quirón, S.A. Caracas, Venezuela. 1327 p.
- Monden, Y. (1996). El Just in Time Hoy en Toyota. Ediciones Deusto, S.A. Bilbao, España. 441 p.
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press. Portland, United States of America. 155 p.
- Piñero, E., Vivas, F. y Flores, L. (2018). Programa 5S's para el Mejoramiento Continuo de la Calidad y Productividad en los Puestos de Trabajo. Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias. Año 11. Volumen VI. Número 20. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. Pp: 99-110.
- Platas, J. y Cervantes, M. (2014). Planeación, Diseño y Layout de Instalaciones. Un Enfoque por Competencias. Grupo Editorial Patria. Primera Edición ebook. México. 282 p.
- Publicaciones Vértice, S.L. (2007). Gestión medioambiental: manipulación de residuos y productos químicos. Editorial Vértice. España. 262 p.

Ross, J. (2017). Total Quality Management. Text, Cases and Readings. Third Edition. Routledge. 568 p.

Womack, J. y Jones, D. (2012), Lean Thinking. Cómo Utilizar el Pensamiento Lean para Eliminar los Despilfarros y Crear Valor en la Empresa. Ediciones Gestión 2000. España. 503 p.

EFFECTO DE LA IRRADIACIÓN UV-C SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, Y MICROBIOLÓGICAS EN MANGO MÍNIMAMENTE PROCESADO

(EFFECT OF UV-C IRRADIATION ON PHYSICOCHEMICAL, AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN MINIMALLY PROCESSED MANGO)

Evelyn Pérez

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

yuruani1105@gmail.com

Recibido: 26-11-2020/ Aceptado: 11-12-2020

RESUMEN

La tecnología de los métodos combinados permite reducir la intensidad del tratamiento térmico y mantener las propiedades organolépticas en el producto final mediante una combinación de obstáculos que aseguran la estabilidad y seguridad microbiana. En esta revisión, se presentan los principios, factores y mecanismos de acción que afectan la actividad antimicrobiana y la aplicación de la luz ultravioleta como alternativa en la conservación de Mango mínimamente procesado. Se utilizan dosis que abarcan un intervalo desde 0,2 hasta 20 kJ/m² y la distancia entre el producto y la lámpara varía desde 10 hasta 40 cm por un lapso de 30s para luego ser almacenadas a 5°C con una humedad relativa de 85 – 90% durante 20 días. La inactivación microbiana por luz ultravioleta se produce mediante la absorción directa de la energía ultravioleta por el microorganismo y una reacción fotoquímica intracelular resultante que cambia la estructura bioquímica de las moléculas (probablemente en las nucleoproteínas) que son esenciales para la supervivencia del microorganismo. Este tratamiento es útil como alternativa para prolongar la vida útil de los productos, debido a que requiere cortos tiempos de exposición y no afecta significativamente las características fisicoquímicas y sensoriales de las frutas frescas.

Palabras clave: tecnología emergente, inactivación microbiana, vida útil.

ABSTRACT

The technology of the combined methods allows to reduce the intensity of the heat treatment and to maintain the organoleptic properties in the final product by means of a combination of obstacles that ensure microbial stability and safety. In this review, the principles, factors and mechanisms of action that affect antimicrobial activity and the application of ultraviolet light as an alternative in the conservation of minimally processed Mango are presented. Doses ranging from 0.2 to 20 kJ / m² are used and the distance between the product and the lamp varies from 10 to 40 cm for a period of 30s and is then stored at 5 ° C with a relative humidity of 85 - 90% for 20 days. Microbial inactivation by ultraviolet light occurs through the direct absorption of ultraviolet energy by the microorganism and a resulting intracellular photochemical reaction that changes the biochemical structure of the molecules (probably nucleoproteins) that are essential for the survival of the microorganism. This treatment is useful as an alternative to prolong the shelf life of the products, since it requires short exposure times and does not significantly affect the physicochemical and sensory characteristics of fresh fruits.

Keywords: Emerging technology, microbial inactivation, useful life.

INTRODUCCIÓN

Los vegetales mínimamente procesados son definidos como cualquier fruta u hortaliza que ha sido alterada físicamente (selección, lavado, pelado, deshuesado y/o cortado) a partir de su forma original, pero que mantiene su estado fresco, sin procesamiento riguroso, tratados con agentes desinfectantes, estabilizadores de color, retenedores de firmeza y envasados en bolsas o bandejas creando una atmósfera modificada en su interior. Son conservados, distribuidos y comercializados bajo refrigeración (2 - 5 °C) y están listos para ser consumidos durante 7 a 14 días, según el producto y técnica de conservación empleada (Olivas y Barbosa, 2005; Robles *et al.*, (2007). Sin embargo, los alimentos mínimamente procesados, al incluir operaciones que alteran la integridad del tejido del producto, pueden inducir a un estrés deteriorativo. Consecuentemente se da inicio al pardeamiento enzimático, ablandamiento del tejido, la pérdida de peso, el desarrollo indeseable de olores y sabores.

Es importante señalar que los tratamientos térmicos favorecen el control de los microorganismos, pero causan cambios en la calidad visual y sensorial del producto con

pérdidas de color, firmeza y aumento de algunos compuestos bioactivos (fenoles, flavonoides, fitolexinas y otros) (Shama, 2007) citado por González *et al.*, (2007).

En este sentido, Sabine. (2017), expresa que las preocupaciones por la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente en los países desarrollados están impulsando la demanda de frutas y verduras orgánicas. Las frutas tropicales orgánicas, que continúan siendo un mercado selectivo actualmente, siguen registrando tasas de crecimiento muy elevadas y se prevé que serán objeto de un creciente interés por parte de los consumidores, no sólo en los mercados de países desarrollados como los Estados Unidos y la Unión Europea, sino también en economías emergentes como China.

A pesar de sus bondades, los frutos mínimamente procesados enfrentan una problemática en lo relacionado a su conservación, debido a que los daños mecánicos infligidos durante su procesado promueven la aceleración de cambios metabólicos naturales como la respiración, que hacen que los frutos sean más vulnerables a la proliferación microbiana y a la pérdida de atributos de calidad. (Oms, 2008).

Como respuesta a este panorama, se están implementando tecnologías de conservación no térmicas o combinadas (Allende *et al.*, 2006a), cuyo objetivo es minimizar pérdidas nutricionales, cambios morfológicos, añadir valor, asegurar la inocuidad, minimizar la destrucción de compuestos termolábiles y producir cambios leves en los perfiles sensoriales. Algunos de estos sistemas de conservación físicos hacen alusión a las altas presiones hidrostáticas, pulsos eléctricos de alta intensidad, campos magnéticos oscilantes e irradiaciones con fuentes ionizantes o no ionizantes, como la luz ultravioleta (UV) (Begum *et al.*, 2009).

La radiación no ionizante tiene un potencial real entre los métodos físicos para el control de enfermedades postcosecha. Así pues, dosis bajas de luz ultravioleta de onda corta (UV-C, 190-280 nm de longitud de onda) pueden controlar muchas de las fermentaciones en el almacenamiento de frutas y vegetales, (Korsten, 2006); (Terry y Joyce, 2003), ya que el blanco de la irradiación UV-C en pequeñas dosis es el ADN de

microorganismos. Por esta razón, el tratamiento con UV-C ha sido usado como un germicida o agente mutagénico. Además la irradiación UV-C puede estimular varios procesos biológicos como la respiración, biosíntesis de flavonoides y fitoalexinas, y la suscitación de proteínas relacionadas con la patogénesis, todos ellos implicados en la resistencia de la planta a enfermedades y factores ambientales (Marti y Guizzardi, 1998; Terry y Joyce, 2003).

Algunos estudios demuestran resultados prometedores acerca del uso de irradiación UV-C, como una técnica de conservación de alimentos no térmica. La exposición postcosecha de diferentes cultivos a bajas dosis de irradiación muestran una mejora en el almacenamiento (Allothman *et al.*, 2009). La inactivación microbiana en frutas por luz ultravioleta induce mecanismos de defensa en el tejido metabólicamente activo de frutas y hortalizas (Millán *et al.*, 2015). Los efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas generan la inducción de mecanismos de defensa (resistencia a diferentes patógenos) e inactiva las enzimas relacionadas con los procesos de maduración y senescencia (González *et al.*, 2007). El Efecto del tratamiento postcosecha de mangos ataulfo con UV-C en la sobrevivencia de *Escherichia coli enteropatógena*, ha demostrado una disminución de la bacteria de forma más efectiva en la superficie de los frutos a lo largo del tiempo de almacenamiento (Tapia *et al.*, s.f). Sin embargo, (González *et al.*, 2007) encontraron una reducción en el contenido de β -caroteno en mangos cortados, posiblemente como resultado del estrés oxidativo inducido por la aplicación de radiación UV-C.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, a través de la presente investigación se pretendió efectuar una revisión actualizada, enfocada en describir el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, y microbiológicas en mango mínimamente procesado.

Calidad microbiológica del mango mínimamente procesado

Aunque la composición, las propiedades fisicoquímicas y la naturaleza del fruto entero que se va a procesar determinan en gran medida la predisposición al ataque de un tipo u otro de microorganismos, será el proceso de elaboración y, en especial, las fases de pelado y corte las que determinen la contaminación de los frutos mínimamente procesados con microorganismos alterantes y/o patógenos (Nguyen y Carlin, 1994).

La flora alterante presente en los frutos mínimamente procesados está compuesta por bacterias, hongos y levaduras (Díaz *et al.*, 2005). La mayoría de las bacterias descritas son gram negativas del grupo *Pseudomonas* y de las *Enterobacterias*. También pueden encontrarse bacterias pectinolíticas, como *Erwinia carotovora*, o ácido lácticas, como *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactobacillus spp.* Entre los hongos destacan los del género *Penicillium*, *Aspergillus*, *Sclerotinia*, *Botrytis* y *Rhizopus*, y en las levaduras los géneros *Candida*, *Cryptococcus*, *Torulaspory* *Trichosporum*. (Hernández *et al.*, sf.)

En este sentido, los pre tratamientos con UV-C en frutas y hortalizas pueden ser utilizados para reducir la carga de bacterias patógenas, mohos, levaduras y virus, y mantener atributos de calidad prescindiendo del uso de tratamientos térmicos severos y adición de compuestos sintéticos (Guerrero y Barbosa, 2004). A través de diferentes trabajos de investigación se observa que la radiación UV-C reduce en general la carga microbiana inicial del producto en rangos de 0,6 a 1 log UFC (unidades formadoras de colonias) g⁻¹ en comparación con muestras no tratadas.

Así mismo, en mango fresco cortado, las aplicaciones de 1 y 3 min de irradiación UV-C fueron efectivas en disminuir el índice de oscurecimiento y la actividad de polifenoloxidasas, mientras que las dosis altas incrementaron ambos efectos; los tiempos de 3 y 5 min resultaron óptimos para reducir el crecimiento microbiano, y para mantener la calidad del fruto durante 14 días en almacenamiento a 5 °C (González *et al.*, 2006).

Por otra parte, dosis de irradiación UV-C de 7 kJ/m² permiten obtener mejores características fisicoquímicas en mango y mamey y dosis 14 kJ/m² en piña, mínimamente

procesadas durante 15 días de almacenamiento a 5°C. La dosis de irradiación UV-C de 14 kJ/m² permite obtener las mayores características antioxidantes y el menor recuento microbiano en las frutas tropicales, mango, piña y mamey, mínimamente procesadas, según lo reportado por Márquez y Pretell, (2013).

Microflora alterante de la calidad presente en la piel de mango

En relación con el mango, (Ngarmsak *et al.* 2006) observaron mayor contaminación microbiana en la cicatriz del pedúnculo que en la piel. Así, la carga de microorganismos mesófilos aerobios y de hongos y levaduras en piel es de 3.5 y 2.5 log ufc/g, respectivamente, y en la cicatriz del pedúnculo, de 4.0 y 3.5 log ufc/g, respectivamente. Narciso y Plotto (2005), también destacaron que la carga microbiológica en mangos enteros (cv. “Keitt”) era mayor después de dos días de conservación a 15 °C que tras 10 días. Este hecho fue explicado teniendo en cuenta que las poblaciones microbianas son dinámicas viéndose influidas por los cambios ambientales a los que está sometida la fruta así como a la diferencia en el grado de madurez de los frutos.

En general, el mango mínimamente procesado, después de una conservación refrigerada de 4 a 5 °C durante siete a 10 días, tienen una población total de entre 10⁵ a 10⁶ microorganismos aerobios mesófilos por gramo de producto y de 10³ a 10⁶ hongos y levaduras por gramo de fruta.(Hernández *et al.*, sf.).

Inactivación de microorganismos por uv-c

La irradiación UV-C se utiliza como alternativa para la esterilización química, porque reduce el crecimiento de microorganismos en superficies inertes y en frutos. (Stevens *et al.*, 1998a y b). Citado por (González *et al.*, 2007). El componente UV de la luz solar es la causa principal de muerte de microorganismos en el ambiente exterior, donde la velocidad de mortalidad varía entre patógenos, dosis aplicadas y tiempos de exposición; el tiempo puede variar de unos segundos a minutos para producir la muerte de 90 a 99 % de virus o bacterias. Algunas bacterias ambientales y esporas suelen ser más resistentes y

**EFFECTO DE LA IRRADIACIÓN UV-C SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, Y
MICROBIOLÓGICAS EN MANGO MÍNIMAMENTE PROCESADO**

sobrevivir a exposiciones mayores. El Cuadro 1 muestra las dosis mínimas y máximas de inactivación de algunos microorganismos.

Tabla 1. Dosis mínimas y máximas requeridas para inhibir en 100% a diferentes microorganismos.

Microorganismos	Intervalo germicida	
	Dosis Mínima (10^3 kgf s^{-2})	Dosis máxima (10^3 kgf s^{-2})
Algas	0.220	4.200
Bacteria (vegetativo)	0.025	0.264
Bacteria (espora)	0.220	0.462
Hongos	0.110	3.300
Virus	0.045	4.400
Levadura	0.066	0.176

Fuente: adaptado de Guerrero y Barbosa, (2004). Citado por (González *et al.*, 2007).

El mecanismo directo de acción de la irradiación UV-C en la inactivación microbiana reside en el daño que causa al ADN y generar así mutaciones que bloquean la replicación celular, (Snowball y Hornsey, 1988). Citado por (González *et al.*, 2007)

Aplicaciones y efectos bioquímicos de la irradiación uv-c en mango

Algunas dosis de luz ultravioleta pueden provocar daños en frutos, como es el caso de dosis de $1,0 \text{ kJ/m}^2$, esta indujo daños en fresas frescas en las que se buscaba controlar la

descomposición causada por *Botrytis cinerea*. Según lo reportado por Baka *et al.* (1999), citado por (González *et al.*, 2007).

Así mismo, González *et al.* (2006) observaron una disminución significativa en el deterioro causado por *Penicillium* en mangos frescos cortados y un aumento en los niveles de fenoles totales y flavonoides en el tejido, después del tratamiento con UV-C.

En otro estudio con mango entero, (González *et al.*, 2007a) reportaron un aumento en la actividad de PAL y en los contenidos de fenoles y flavonoides totales, como resultado de la exposición a la irradiación UV-C a dosis de 0.25 y 0.5 kgf s⁻², atribuible a la activación de una respuesta de defensa antiestrés.

Por otra parte, Márquez y Pretell (2013), reportaron que dosis de irradiación UV-C de 14 kJ/m² permite obtener mayores características antioxidantes y menor recuento microbiano en frutas tropicales como mango, piña y mamey mínimamente procesadas. Además la exposición postcosecha de diferentes cultivos a bajas dosis de irradiación muestran una mejora en el almacenamiento (Alothman *et al.* 2009). También se ha reportado que la exposición a dosis bajas de UV-C retrasa la maduración y la senescencia de manzanas, tomates, naranjas, uvas de mesa, mango y duraznos (González *et al.*, 2007).

Es importante destacar que al utilizar UV-C como desinfectante, el equipo debe estar localizado lo más cerca posible al producto en el sistema de proceso, debido a que la distancia es inversamente proporcional a la intensidad (Suárez, 2001).

Del mismo modo, Márquez y Pretell (2013) reportaron la utilización de distancias de 12,5 cm en el tratamiento de mango (*Mangifera indica L.*) variedad “Kent”, piña (*Ananascomosus*) variedad “Golden” y Mamey. Mientras que González *et al.* (2007a) utilizaron para mangos enteros de variedad “Haden” una distancia de 15 cm. Demostrando así que la distancia, y la intensidad de luz expuesta tiene un efecto directo sobre la superficie la fruta expuesta.

Así pues, es importante tomar en cuenta la dosis y el tiempo de la irradiación UV-C a utilizarse en el Mango mínimamente procesado, ya que de ello depende la calidad de la fruta y la reducción del crecimiento microbiano.

Ventajas de la aplicación de la radiación ultravioleta de ondas cortas uv-c en mango mínimamente procesado

La luz ultravioleta es una radiación no ionizante con una longitud de onda de 100 a 400 nm; se clasifica en tres tipos: UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) y UV-C (200-280 nm). La irradiación UV-C tiene su máximo pico de emisión a 254 nm y se ha comprobado que es en esta longitud de onda donde presenta su mayor acción germicida, por lo que ha sido ampliamente estudiada en varios tejidos vegetales (Artés y Allende, 2005).

El tratamiento con UV-C ofrece varias ventajas a los procesadores de alimentos, ya que no deja residuos, no tiene restricciones legales, es fácil de usar y es letal para la mayoría de los tipos de microorganismos (Bintsis *et al.*, 2000). Además, no requiere de medidas de seguridad de alto costo para ser implementado (Yaun *et al.*, 2004). Sobre la forma en que actúa, (Lado y Yousef, 2002) informaron que la radiación UV-C de 0,5 a 20 kJ m⁻² inhibe el crecimiento microbiano mediante la inducción de la formación de dímeros de pirimidina que alteran la hélice de ADN y bloquean la replicación celular microbiana. La dosis efectiva de UV-C depende del tipo de hortaliza tratada y en el caso de dosis demasiadas altas pueden causar efectos nocivos en la calidad del producto. (Perkins *et al.*, 2008).

Otra ventaja que subyace en la eficacia de la radiación UV-C parece ser su independencia de la temperatura en el rango 5-37 °C, aunque depende de la irradiación incidente (Bintsis *et al.*, 2000; Gardner y Shama, 2000). En los últimos años se han realizado estudios para determinar el efecto de la radiación UV-C en diferentes frutas y hortalizas, con el objetivo de reducir la carga microbiana superficial (Escalona *et al.*, 2010); Martínez *et al.*, (2011), controlar enfermedades (Pan *et al.*, 2004), frenar los procesos

relacionados con la maduración (Barka *et al.*, 2000) y también para estudiar cómo el estrés de esta radiación afecta el desarrollo de daño por frío en algunos productos sensibles (Vicente *et al.*, 2005). Sin embargo, (González *et al.*, 2007) Citado por Márquez y Petrell, (2013), encontraron una reducción en el contenido de β -caroteno en mangos cortados, posiblemente como resultado del estrés oxidativo inducido por la aplicación de radiación UV-C.

Finalmente, Rodríguez y Narciso (2012), han encontrado niveles de fluencia UV-C de aproximadamente 4-5 kJ/m² que tienen el efecto más beneficioso sobre la vida útil y la calidad de frutos de mango. Beaulieu (2007) y Lamikanra *et al.*, (2005) informaron que las frutas procesadas con luz UV-C conservan su aroma y sabor al igual que las muestras control que no fueron tratadas.

CONCLUSIONES

La efectividad del tratamiento de irradiación con UV-C en la fruta del mango depende de muchos factores, como la dosis administrada, la fuente de luz, la especie, el grado de madurez entre otras.

Las aplicaciones potenciales de esta tecnología en el mango incluyen el retraso de la maduración durante el almacenamiento, reducción de desórdenes fisiológicos, y aumento de fitoalexinas, antioxidantes o vitaminas. El tratamiento de UV-C podría considerarse como una herramienta complementaria a la refrigeración y al envasado para preservar la calidad organoléptica y nutricional, y aumentar la comercialización de alimentos mínimamente procesados.

Sin embargo los resultados obtenidos hasta el momento, sugieren que el enfoque más adecuado para la aplicación industrial del tratamiento con luz UV en mango es la combinación con otros tratamientos, buscando el establecimiento de interacciones sinérgicas entre ellos.

Diferentes autores sugieren que pretratamientos moderados con UV-C en mango podrían ser utilizados como herramienta para promover compuestos fenólicos con capacidad antioxidante, al mismo tiempo de ofrecer al mercado productos microbiológicamente estables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alothman, M.; Bhat, R.; Karim, A. (2009). UV Radiation induced Changes of Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Tropical Fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: 512-516.
- Allende, A., Tomás-Barberan, F. A., & Gil, M. I. (2006a). Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 513-519.
- Artés, F. Allende, A. (2005). Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf-life of minimally fresh processed leafy vegetables. *Eur. J. Hort. Sci.* 70:231-245.
- Barka EA, Kalantari S, Makhlof J, Arul J. 2000. Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 667 - 671.
- Beaulieu, J. 2007. Effect of UV irradiation on cut cantaloupe: terpenoids and esters. *J. Food Sci.* 72(4):272-281.
- Begum, M. Hocking, A. Miskelly, D. (2009). Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UVC) irradiation. *International Journal of Food Microbiology*, 129, 74-77.
- Bintsis T, Litopoulou, E. Robinson, R. 2000. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry-a critical review. *Journal of Science and Food Agriculture*, 80: 637 - 645.
- Díaz, M. Acedo, F. García, G. 2005, "Principales microorganismos patógenos y de deterioro", en González-Aguilar, G., A. A. Gardea, F. Cuamea-Navarro (eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., CIAD, Sonora, México, cap. 10, pp. 217-239.
- Escalona, V. Aguayo, E. Martínez, G., Artés F. 2010. UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. *Postharvest Biology and Technology*, 56: 223 - 231.

- Gardner, D. Shama, G. 2000. Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces. *Journal of Food Protection*, 63: 63 - 70.
- González, A. Villegas, M. Cuamea, F. Ayala, J. (2006) Efecto de la irradiación UV-C sobre la calidad de mango fresco cortado. In: I Simposio Ibero-Americano de Vegetales Frescos Cortados. G A González-Aguilar y F Cuamea- Navarro (eds). pp: 59-64.
- González A. Rivera, D. Pastrana A. Gardea M. Martínez, M. 2007. Efectos Bioquímicos Postcosecha de la Irradiación UV-C en Frutas y Hortalizas. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 30 (4): 361 – 372, 2007.
- González, G. Zavaleta, R. Tiznado, E. 2007a. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 45(1):108-116.
- Guerrero, B. Barbosa, G. (2004) Review: Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Sci. Technol. Internatl.* 10:137-147.
- Hernández, Y. Lobo, M. González, M. sf. Cambios Microbiológicos y Sensoriales de Frutos Frescos Cortados de Origen Tropical: Piña Papaya y Mango. [Conduido en: <https://www.researchgate.net/publication/299544763>]
- Korsten L. 2006. Advances in Control of Postharvest Disease in Tropical Fresh Produce. *Int. J. Ofpostharvest Technology and Innovation.* 48-61.
- Lado, B. Yousef, A. 2002. Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. *Microbes and Infection*, 4: 433 - 440.
- Lamikanra, O. Kueneman, D. Ukuku, D. Bett-Garber, K. 2005. Effect of processing under ultraviolet light on the shelf life of fresh-cut cantaloupe melon. *J. Food Sci.* 70(9):C534-C539.
- Márquez L, Pretell C. 2013. Irradiación UV-C en frutas tropicales mínimamente procesadas. *Sci. Agropecu.* 4(3):147-161.
- Marti, M. y Guizzardi, M. 1998. The Postharvest Phase: Emerging Technologies far the Centro! of Fungal Diseases. *Phytoparasitica* 26(1):59-66.
- Martínez, G. Gómez, P. Artés F, Artés H. 2011. Moderate UV-C pretreatment as a quality enhancement tool in freshcut Bimi® broccoli. *Postharvest Biology and Technology*, 62: 327 - 337.
- Millán, D. Romero, L. Brito, M. Ramos A. 2015. Luz Ultravioleta: Inactivación Microbiana en Frutas. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela.* Vol. 27 N° 3: 454-469.

- Narciso, J. Plotto A. 2005. "A comparison of sanitation systems for fresh-cut mango", en *HortTechnology*, 15(4):837-842.
- Ngarmsak, M. Delaquis, P. Toivonen, T. Ngarmsak, B. Ooraikul, G. Mazza, 2006a, "Microbiology of fresh-cut mangoes prepared from fruit sanitised in hot chlorinated water", en *Food Science and Technology International*, 12(2):95-103.
- Nguyen C. Carlin, F. 1994, "The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables" en *Critical Reviews in Food Science*, 34:341-401.
- Olivas G, Barbosa-Cánovas G. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical reviews in food science and nutrition* 45:657-670.
- Oms G. 2008. Alternativas de envasado de peras y melón frescos cortados en atmosfera modificada. [Tesis Doctoral]. [Lleida, España]: Universidad de Lleida: 2008. 354p.
- Pan J, Vicente AR, Martínez GA, Chaves AR, Civello PM. 2004. Combined use of UV-C illumination and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 1831 - 1838.
- Perkins, P. Collins, J. Howard, L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology*, 47: 280 - 285.
- Robles, M. Gorinstein, S. Martín O. Astiazarán, H. González, G. Cruz, R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia* 32(4): 227-232.
- Rodriguez, S, Narciso, F. 2012. *Advances in Fruit Processing Technologies*. CRC Press Taylor & Francis Group, Florida, USA, pp. 472.
- Sabine Altendorf. fao. 2017. *Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales 1. Perspectivas, retos y oportunidades a corto plazo en un mercado global pujante*. [Artículo en línea]. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf [consulta]: 2020, abril 01]
- Suárez R. 2001. Conservación de alimentos por irradiación. *Rev. Invenio*. 4(6):85-124.
- Tapia Y. Magaña, N. Trejo, A. Eslava, C. Calderón, M. Ramírez, R. Díaz, G. Wachter, C. s.f. Efecto del Tratamiento Postcosecha de Mangos Ataulfo en la Sobrevivencia de *Escherichia Coli* Enteropatógena. Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D.F. 1:1

**EFFECTO DE LA IRRADIACIÓN UV-C SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, Y
MICROBIOLÓGICAS EN MANGO MÍNIMAMENTE PROCESADO**

- Terry, L. y Joyce, D. 2003. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. *Postharvest Biology and Technology* 32(1): 1-13
- Vicente, R. Pineda, C. Lemoine, L. Civello, P. Martínez, G. Chaves, A. 2005. UV-C treatments reduce decay, keep quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 69 - 78.
- Yaun B, Summer S, Eifert J, Marcy J. 2004. Inhibition of Pathogens on Fresh Produce by Ultraviolet Energy. *International Journal of Food Microbiology*, 90: 1 - 8.

CONTENIDO DE FENOLES Y ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE UN EXTRACTO DE *GUAZUMA ULMIFOLIA*

(CONTENT OF PHENOLS AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF AN EXTRACT OF *GUAZUMA ULMIFOLIA*)

***Nirza Noguera-Machado*^{1,2*}, *Libia Torres*⁴, *Javier Trejo*⁴, *Pierina Valera*⁴, *Rosmina Visconti*⁴, *Naiglet Zambrano*⁴, *Franklin Pacheco-Coello*^{1,2}, *José Duque*², *Luis Ojeda-Ojeda*^{1,3}**

1. Universidad de Carabobo Instituto de Investigaciones Biomédicas “Dr. Francisco Triana” (BIOMED-UC).
2. Universidad de Carabobo. Departamento de Ciencias Básicas de la Escuela de Bioanálisis. Estado Aragua, Venezuela.
3. Universidad de Carabobo. Departamento de Bioquímica y Fisiología de la Escuela de Medicina. Estado Aragua, Venezuela.
4. Universidad de Carabobo. Escuela de Medicina. Estado Aragua, Venezuela.

* *nirza.noguera@gmail.com*, *nnoguera1@uc.edu.ve*

Recibido: 08-06-2020/ Aceptado: 12-10-2020

RESUMEN

Muchas especies de plantas son utilizadas empíricamente, por las poblaciones rurales para tratar distintas dolencias. Tal es el caso del guácimo o guácima (*Guazuma ulmifolia*), planta de interés forrajero, cuyas hojas, frutos y corteza, son empleados para elaborar remedios caseros para tratar fiebres, disentería, diarreas, inflamaciones, entre otros padecimientos. Existen evidencias científicas que avalan algunas de estas propiedades; sin embargo, en el país no hay estudios referentes al tema. Por este motivo, se planteó como objetivo determinar la cantidad de compuestos bioactivos (fenoles totales y flavonoides), presentes en el extracto del fruto de *G. ulmifolia* y determinar su efecto antimicrobiano sobre el crecimiento de una cepas *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) y una *Klepsiella nuemoniae* ATCC 700603). Los frutos fueron recolectados en la ciudad de Maracay (Venezuela), secados, almacenados y sometidos a un proceso de extracción con etanol al 90%. Las determinaciones cuantitativas de fenoles totales y flavonoides se realizaron de acuerdo con los métodos estándares. El efecto sobre el crecimiento bacteriano fue evaluado por turbidimetría y por la metodología de Kirby-Bauer. Se obtuvo que el contenido de fenoles totales y flavonoides fue de 15,34±1,9 mg GAE/g y 7,34 ±1,68 mg CE/g, respectivamente. La presencia del extracto en el medio de cultivo inhibió eficazmente el crecimiento de *S. aureus* durante 6 horas, pero no tuvo efecto

considerable sobre la cepa *K. nuemoniae*. Estos resultados sugieren que es necesario profundizar la investigación en torno a esta especie para demostrar sus potencialidades.

Palabras claves: *Guazuma ulmifolia*, *Staphylococcus aureus*, *Klepsiella nuemoniae*, *Productos naturales*.

ABSTRACT

Rural populations to treat various ailments use many plant species empirically. Such is the case of the guácimo or guácima (*Guazuma ulmifolia*), plant of forage interest, whose leaves, fruits and bark, are used to make home remedies to treat fevers, dysentery, diarrhea, inflammations, among other diseases. There is scientific evidence that supports some of these properties; however, there are no studies in the country on the subject. For this reason, the objective was to determine the amount of bioactive compounds (total phenols and flavonoids) present in the extract of the fruit of *G. ulmifolia* and to test its effect on the growth of three *Staphylococcus aureus* strain (ATCC 25923) and strain *Klepsiella nuemoniae* (ATCC 700603). The fruits were collected in the city of Maracay, Venezuela. Dried, stored and subjected to an extraction process with 90% ethanol. The quantitative determinations of total phenols and flavonoids were made according to standard methods. The effect on bacterial growth was evaluated by turbidimetry and Kirby-Bauer methodology. The content of total phenols and flavonoids was found to be 15.34 ± 1.9 mg GAE/g and 7.34 ± 1.68 mg EC/g, respectively. The presence of the extract in the culture medium effectively inhibited the growth of *S. aureus* for 6 hours, but had no effect on the *K. nuemoniae*. These results suggest that further investigation into this species is necessary to demonstrate its potential.

Key words: *Guazuma ulmifolia*, *Staphylococcus aureus*, *Klepsiella nuemoniae*, *natural products*

INTRODUCCIÓN

Guazuma ulmifolia, conocido comúnmente como guácimo, guácima, guásimo, guásima, caulote, matumba o majahua, entre otros; es un árbol perteneciente a la familia *Malvaceae* subfamilia *Sterculioideae*, nativo de las zonas tropicales y subtropicales de América (Lopes *et al.*, 2019). Se caracteriza por ser de porte entre pequeño a mediano, entre 5 a 10 m de alto, con un tronco entre 30 a 50 cm de diámetro, ramificado, de copa redonda y extendida con hojas simples, alternas de peciolo cortos, ovaladas y aserradas. Sus flores

pequeñas y amarillas, se agrupan inflorescencias axilares en la base de las hojas. Sus frutos son cápsulas subglobosa o elipsoidea, negro-purpúrea al madurar y con la superficie muricada, con numerosas semillas pequeñas y duras (Giraldo, 2013; Lopes *et al.*, 2019).

Este árbol crece bien en zonas cálidas con temperaturas promedios de 24°C, altitudes que oscilan desde 0 hasta 1200 msnm, precipitaciones entre de 700 a 1500 mm al año y con suelos de texturas entre livianas y pesadas, con buen drenaje, no pedregosos y pH superior a 5.5. Debido a su gran adaptación a condiciones edafoclimáticas adversas, este árbol es un recurso muy utilizado en el campo a nivel de los sistemas de producción silvopastoriles como forraje (Giraldo, 2013).

En los sistemas de producción agropecuarios, los árboles y arbustos forrajeros son multipropósitos. Es por ello, que en Venezuela así como en otros países del continente, tales como México, Colombia y Brasil, es común que el guácimo esté presente en las fincas y se aproveche, no sólo para brindar sombra al ganado, sino también para emplear la madera de sus tallos en la elaboración de cercas, construcciones rurales, cajas de embalaje y carbón; y sus hojas y frutos para la alimentación animal (Pizzani *et al.*, 2006; Villa-Herrera *et al.*, 2009).

Esta planta también tiene gran importancia etnomedicinal, ya que empíricamente sus hojas y raíces han sido empleadas en remedios caseros para tratar fiebres, disentería, diarreas, inflamaciones, tratamiento de próstata, estimulante uterino, alopecia y otras enfermedades (Patil y Biradar, 2013). Investigaciones científicas han demostrado efectos farmacológicos tales como hipoglicemiante, antiinflamatorio, anticolinesterásico, antiobesidad, antiséptico, cicatrizante y actividad antiparasítica y antimicrobiana (Lopes *et al.*, 2019).

Por su parte estudios “*in vitro*” han evidenciado que muchas de estas propiedades farmacológicas de *G. ulmifolia*, pueden atribuirse a la presencia de compuestos bioactivos. Específicamente, el efecto antimicrobiano de extractos elaborados a partir de las hojas y corteza de este árbol, han sido relacionados con la presencia de compuestos fenólicos tales como flavonoides y taninos, capaces de inhibir el crecimiento microbiano (Violante *et al.*, 2012; Boligon *et al.*, 2013, Cates *et al.*, 2013, Patil y Biradar, 2013).

En este sentido la acción antibacteriana de los extractos naturales es una fuente importante para el descubrimiento de nuevas moléculas activas, las cuales son de relevancia y una posible solución ante la problemática de la resistencia bacteriana a los antibióticos convencionales.

En referencia a lo anterior se denomina resistencia bacteriana, a todos los mecanismos que pueden ejercer las bacterias para asegurar su subsistencia y protección ante la presencia de los antibióticos. En general, las bacterias pueden tener dos tipos de resistencia: a) natural o intrínseca a algunos antibióticos, la misma está presente antes de exponerse al agente terapéutico; b) adquirida, ya que genera los mecanismos después de la exposición sucesiva al antibiótico. Es un problema de salud pública, que incrementa indicadores de riesgo tales como la mortalidad y morbilidad, además de incidir significativamente en el aumento de los costos hospitalarios y de tratamiento (Echeverría e Iglesias, 2003).

Es por ello, que en el presente estudio se planteó como objetivo, elaborar y caracterizar un extracto del fruto de *G. ulmifolia* y probar su efecto antimicrobiano sobre cepas certificadas de *S. aureus* y *K. neumoniae*. Con el propósito de evaluar su potencial como fuente alternativa para la elaboración de productos antimicrobianos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Los frutos de guácimo fueron colectados de los árboles presentes en las áreas verdes de la Universidad de Carabobo-Sede Aragua (Maracay-Venezuela).

Bacterias

Se trabajó con la cepa certificada de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y una *Klebsiella neumoniae* ATCC 700603, donadas por el Instituto Nacional de Higiene “Rafael Rangel”, Caracas-Venezuela.

Elaboración de Extracto

Los frutos recolectados fueron sometidos a secado en estufa a 60°C durante 48 horas y sometidos a molienda. Para obtener el extracto hidroalcohólico del fruto de *G. ulmifolia*, se siguió el procedimiento descrito por Noguera-Machado *et al.* (2017).

Determinación de fenoles totales

La determinación de fenoles totales presentes en el extracto, se realizó siguiendo la metodología empleada por Noguera-Machado *et al.* (2019). Los datos obtenidos de las cinco muestras fueron promediados y se calculó la desviación estándar. El resultado fue expresado como mg equivalentes de ácido gálico por g de extracto (mg GAE/g de extracto).

Determinación de flavonoides totales

La determinación de los flavonoides totales del extracto se realizó de acuerdo con el procedimiento descrito por Pacheco *et al.* (2018). Los resultados fueron expresados como mg de Catequina Equivalente por g de extracto (mg CE/g de extracto).

Actividad Antibacteriana

Se evaluó el efecto que tuvo la presencia del extracto del fruto de *G. ulmifolia* en el medio de cultivo, sobre el crecimiento de las cepas de *S. aureus* y *K. neumoniae*. El procedimiento fue similar al establecido por Noguera-Machado *et al.* (2017), siguiendo la cinética del crecimiento bacteriano por turbidimetría, durante un período de 6 horas (360 minutos). Cumplido ese tiempo se tomó el último valor de absorbancia, para calcular el porcentaje de inhibición del extracto sobre el crecimiento microbiano. Los cultivos se realizaron por triplicado y se le calculó la media y desviación estándar al porcentaje de inhibición. Para el cálculo se usó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{\text{Abs}_{600\text{nm}} \text{ del extracto}}{\text{Abs}_{600\text{nm}} \text{ del control}} \times 100 \quad (1)$$

Para determinar el efecto bactericida se empleó la metodología de Kirby-Bauer (Ramírez *et al.* 2009) y se enfrentaron las diferentes concentraciones del extracto de *G.*

ulmifolia frente a las dos bacterias usando el medio Muller-Hinton y un periodo de incubación de 24 h/37°C. Este ensayo se hizo por duplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de la extracción se obtuvo un aceite color marrón oscuro con una fuerte fragancia frutal semejante a la del fruto, muy agradable al olfato.

Contenido de fenoles totales y flavonoides

Los resultados obtenidos después del análisis fitoquímico se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Caracterización del extracto etanólico de *Guazuma ulmifolia*.

Muestra	Polifenoles totales mg GAE/g de extracto X±DE	Flavonoides mg de Catequina Eqv /100 g X±DE
Extracto	15,34 ± 1,90	7,64 ± 1,68

X= Media

DE= Desviación estándar

La comparación de estos resultados con trabajos preliminares referentes a la caracterización fitoquímica de esta especie, no fue posible; porque en la literatura la mayoría de los resultados descritos son cualitativos. Tal como es el caso, del estudio realizado por Patil y Biradar (2013), quienes determinaron cualitativamente la presencia de flavonoides totales, así como de otros compuestos como taninos, saponinas, terpenoides y alcaloides, en el fruto de *G. ulmifolia*.

Sólo en la investigación realizada por Pizzani *et al.* (2006), se describen datos cuantitativos relacionados con el contenido de fenoles totales (0,86±0,00) y otros compuestos bioactivos del fruto. Pero las unidades no fueron claramente definidas, por lo que no se pudo establecer comparaciones con los resultados obtenidos en este trabajo; sin embargo, es posible observar las distintas especies de plantas forrajeras analizadas por los autores. La

concentración de fenoles totales en los frutos de *G. ulmifolia* fue significativamente más baja que la de *Caesalpinia granadillo* ($9,81 \pm 0,10$) y *Acacia macracantha* ($6,21 \pm 0,99$).

Por otra parte, si se compara el contenido de fenoles totales con el de otros extractos, que han demostrado actividad antibacteriana contra *S. aureus*, como es el caso del elaborado a partir de semillas de *Passiflora edulis* por Noguera-Machado *et al.* (2019), el contenido de fenoles totales es bajo, aproximadamente 4,5 veces menor ($15,34$ vs $68,72$ mg GAE/g de extracto).

Actividad Antibacteriana

Las dos bacterias presentaron un comportamiento diferente frente al extracto de *G. ulmifolia*. Se observa un efecto dosis dependiente para la cepa *S. aureus* ATCC 25923 siendo la máxima concentración quien mostró un mayor efecto inhibitorio ($7,64 \pm 1,11$), mientras que para la cepa de *K. neumoniae* ATCC el efecto no fue muy marcado y solo logró alcanzar un máximo de inhibición de $61,82 \pm 2,35$ para la máxima concentración ensayada que fue de 10mg/mL , durante las 6 horas que duró el ensayo. (Figura 1).

Esta diferencia debe estar asociada a mecanismos naturales de defensa de los diferentes tipos de bacterias mientras que el *S. aureus* es un gram positivo, la *K. neumoniae* es gram negativo

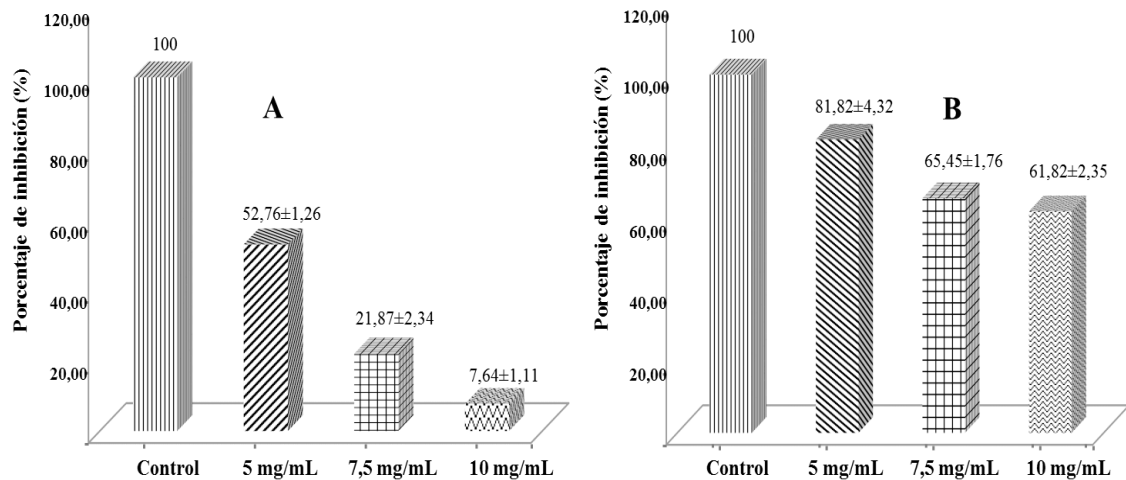


Figura 1. Porcentaje de inhibición de las bacterias expuestas a la presencia del extracto de *G. ulmifolia* por 6h de cultivo. (A) Cepa de *S. aureus* ATCC 25923; (B) Cepa de *K. pneumoniae* ATCC 700603.

El resultado inhibitorio mostrado por el *S. aureus*, puede estar asociado con los compuestos bioactivos, específicamente los fenólicos presentes en el extracto. Según Castro-Montoya *et al.*, 2015 y Sabogal-Palma *et al.*, 2016, los polifenoles tienen la capacidad de formar complejos con las proteínas extracelulares solubles, provocando la inactivación de enzimas y proteínas de transporte a nivel de las paredes celulares, afectando la permeabilidad y bloqueando el paso de nutrientes a las células.

En lo que respecta al efecto Bactericida, ninguna de las bacterias mostró inhibición en las placas después de 24h de incubación (resultados no mostrados), lo que demuestra que los metabolitos presentes en el extracto el caso de la *S. aureus*, solo retrasan el crecimiento (efecto bacteriostático) por un tiempo determinado, pero luego son superados por la bacteria.

CONCLUSIONES

El contenido de fenoles totales y flavonoides del extracto del fruto de *G. ulmifolia* fue de $15,34 \pm 1,9$ mg GAE/g y $7,34 \pm 1,68$ mg CE/g de extracto.

El extracto mostró un efecto inhibitorio dosis dependiente solo sobre el crecimiento de *S. aureus* ATCC 25923 durante 6 horas en medio líquido, pero no tuvo el mismo efecto durante la incubación a 24 horas en placas.

El extracto no mostró un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de *K. neumoniae* ATCC 700603 durante 6 horas en medio líquido, ni durante la incubación a 24 horas en placas.

Aun cuando el extracto de *G. ulmifolia* mostró un efecto bacteriostático sobre el *S. aureus*, se recomienda hacer más estudios, utilizando otras técnicas de extracción, con otros solventes y otros géneros bacterianos, para conocer todo el potencial de los componentes de la semilla.

En vista de que el extracto posee un olor frutal muy agradable, contiene antioxidantes y un efecto bacteriostático sobre el *S. aureus* pudiera ser considerado como un futuro componente natural en algún producto de uso cosmético.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Boligon, A., Feltrin, A., Athayde, M. 2013. Determination of chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of *Guzuma ulmifolia* essential oil. American Journal of Essential Oils and Natural Products, 1(1):23-27.
- Castro-Montoya, Jesús M.; Rangel-Peraza, Jesús G.; Piña-Hernández, Claribel J.; Mora-Rochín, Sarahid y Rochín-Medina, Jesús J. 2015. Actividad antioxidante de compuestos fenólicos en semillas de ajonjolí y su efecto sobre el crecimiento bacteriano. Revista Iberoamericana de Ciencias. 2(4):63-70
- Cates, R., Prestwich, B., Innes, A., Rowe, M., Stanley, M., Williams, S., Thompson, A., McDonald, S., Cates, S., Shrestha, G., Soria, J., Espinoza, L., Ardón, C., Galvez, B., Díaz, M., Coronado, F., García, J., Arbizú, D., Martínez, J. 2013. Evaluation of the activity of Guatemalan medicinal plants against cancer cell lines and microbes. Journal Medicinal of Plants Research, 7(35): 2616-2627.

- Echeverría, J., Iglesias, D. 2003. Estafilococo meticilino resistente, un problema actual en la emergencia de resistencia entre los Gram positivos. *Rev Med Hered*, 14(4):195-203.
- Giraldo, A. Potencial de la arborea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*, 201-215.
- Lopes, E., Santos, S., Cezimbra, M., Marques, K., Martins, M., Nobre, G. 2019. Biological activity of *Guazuma ulmifolia* Lamark.- systematic review. *Revista Desafíos*, 6(3):55-65. DOI:<http://dx.doi.org/10.20873/uftv6-6006>.
- Noguera-Machado, N., Ojeda, L., Jiménez, M., Kremisisky, M. 2017. Evaluación del potencial antibacteriano de extractos de semillas de cinco frutas tropicales. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1):033-044.
- Noguera-Machado, N., Ojeda, L., Jiménez, M., Kremisisky, M., Velásquez, I., Pacheco, F. 2019. Evaluación del extracto hidroalcohólico de las semillas de *Passiflora edulis* y su efecto sobre el crecimiento de *Escherichia coli* (ATCC 25922). *Saber, Universidad de Oriente Venezuela*, 31:248-255.
- Pacheco-Coello F., Ramirez-Azuaje D., Pinto-Catari I, Peraza-Marrero M., Orozco-Vargas C. 2018. *Hibiscus sabdariffa* L. Una comparación de compuestos fenólicos totales y flavonoides en cálices y hoja. *Vitae*, 76:44-55.
- Patil, J., Biradar, S. 2013. Pharmacognostic study of *Guazuma ulmifolia*. *International Research Journal of Pharmacy*, 4(4):130-131.
- Pizzani, P., Matute, I., Martino, G., Arias, A., Godoy, S., Pereira, L., Palma, J., Rengifo, M. 2006. Composición fitoquímica y nutricional de algunos frutos de árboles de interés forrajero de los llanos centrales de Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 47(2):105-113.
- Ramírez, Luz Stella y Castaño, Darwin Marín. 2009. Metodologías para evaluar in vitro la actividad antibacteriana de compuestos de origen vegetal. *Scientia et Technica*. XV(42):263-268.
- Sabogal-Palma, Angie C.; Chávez-Marín, Jacqueline; Oliveros-Gómez, Diego F.; Murillo-Perea, Elizabeth y MendezArteaga Jonh. 2016. Funcionalidades biológicas de *Passiflora maliformes* del sur macizo colombiano. *Bioagro*. 28(1):3- 12.
- Villa-Herrera, A., Nava-Tablada, M., López-Ortiz, S., Vargas-López, S., Ortega-Jimenez, E., Gallardo, F. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10: 253 – 261.

Violante, I., Hamerski, L., Garcez, W., Batista, A., Chang, M., Pott, V., Garcez, F. 2011. Atividade antimicrobiana de algumas plantas medicinais do cerrado da Região Centro-Oeste do Brasil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43(4):1302-1308.

USO DE ENZIMAS EN LA INDUSTRIA GALLETERA

(USE OF ENZYMES IN THE COOKIE INDUSTRY)

Nilza Quintero

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" UNELLEZ.
Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social. Programa Ciencias del Agro y del Mar.
Barinas -Estado Barinas, Venezuela.

nilzaquintero@gmail.com

Recibido: 12-08-2020/ Aceptado: 02-12-2018

RESUMEN

En esta investigación sobre el uso de enzimas en la industria galletera, se destaca la acción de las proteasas debido a que son muy útiles en la producción de harinas para galletas tipo crackers, donde no se desea elasticidad del gluten. Estas dividen las cadenas de proteínas de las moléculas de gluten produciendo en primer lugar un ablandamiento y luego un colapso completo de la estructura. También las amilasas fúngicas son muy utilizadas para estos fines, porque rompen el almidón presente en la harina en azúcares simples y generan una fermentación alcohólica. El uso de enzimas como amilasas y proteasas en la fabricación de galletas tipo cracker generan ventajas en todas las etapas del proceso, relajan la masa haciéndola más dócil y de esta forma favorecen la retención gaseosa, proporcionan un aumento del volumen de las galletas, tienen una tendencia menor a curvarse durante el horneado y presentan un dorado uniforme.

Palabras clave: Galletas cracker, enzimas, amilasas, proteasas.

ABSTRACT

In this bibliographic review on the use of enzymes in the biscuit industry, the action of proteases is highlighted as they are very useful in the production of cracker-type cookie flours, where gluten elasticity is not desired. These divide the protein chains of the gluten molecules, producing first a softening and then a complete collapse of the structure. Also fungal amylases are widely used for these purposes, since they break the starch present in flour into simple sugars and generate an alcoholic fermentation. The use of enzymes such as amylases and proteases in the manufacture of cracker-type cookies generate advantages at all stages of the process, relax the dough making it more docile and thus favor gas retention, provide an increase in the volume of the cookies, have a minor tendency to curl during baking and have a uniform browning.

Keywords: Cracker cookies, enzymes, amylases, proteases.

INTRODUCCIÓN

Las enzimas son proteínas que operan como catalizadores biológicos, bajo ciertas condiciones de pH, temperatura e hidratación y actúan sobre sustratos específicos de las diferentes reacciones bioquímicas que constituyen el metabolismo de los seres vivos.

Para que se produzca una determinada reacción, es necesaria la presencia de una determinada enzima, y la mayor o menor cantidad de esta suele modificar la velocidad de la reacción controlada. Una de las características más sobresalientes de las enzimas es su elevada especificidad. Esto quiere decir que cada tipo de enzima se une a un único tipo de sustancia, el sustrato, sobre el que actúa.

Por su parte, la producción de galletas, las enzimas actúan sobre los componentes de la harina para mejorar la calidad del producto final, las más utilizadas son las amilasas y las proteasas. En ese sentido, el empleo de enzimas en la industria panificadora La utilización de enzimas por parte de la industria panificadora, es una práctica cada vez más difundida, pues su uso abre un gran abanico de posibilidades en cuanto al proceso de los productos de panadería y bollería (BIOCON,2019)

Con referencia a lo anterior, los cereales contienen una serie de enzimas naturales como son las amilasas, proteasas, hemicelulasas y lipasas. Tanto los contenidos en la harina como los adicionados en el molino o en la panadería, actúan en las diferentes partes del proceso de panificación (Tejero, s.f.).

Su presencia en cantidades superiores o inferiores a las necesarias afectará a la calidad del producto final, tanto a su volumen y aspecto, como a su conservación. Por esta razón y para resolver esta insuficiencia enzimática es necesario añadirlas a la harina o a la masa. Actualmente, la mayor parte de las enzimas producidas industrialmente para su utilización en los procesos de panificación se producen mediante fermentaciones de microorganismos seleccionados.

En los últimos años las enzimas han tenido un avance significativo en la industria panadera ya que se han ido limitando en los mejoradores comerciales los principios activos tradicionales como el ácido ascórbico y los emulsionantes por diferentes enzimas que pueden actuar casi de la misma forma que éstos (Ronquillo,2012).

Este documento pretende recoger, mediante una revisión bibliográfica los aspectos más relevantes sobre el uso de enzimas en la fabricación de galletas de masas fermentadas.

DESARROLLO

Galletas fermentadas: Tipo Cracker

Las cracker son descritas como galletas hechas a partir de masa fermentada salada, con larga vida útil, secas, simples, delgadas, de textura crujiente y hojaldrada, las cuales cuentan con un proceso de fermentación dentro de su elaboración, Bojana y Olivera (2013).

Las galletas fermentadas son las obtenidas mediante masas sometidas a la acción de levadura biológica fresca o seca en su elaboración. Estas masas tienen poca grasa y gran cantidad de agua que entra en contacto con las partículas de harina y reacciona con las proteínas formando el gluten. La preparación es larga y durante la fermentación se forman

los alveolos por acción del anhídrido carbónico liberado por la levadura, generando masas extensibles y elásticas.

En la preparación de galletas se utilizan materias primas que le aportan suavidad al producto como son: grasa, agente leudante y enzimas y otros ingredientes que le dan cuerpo, tales como: harina de trigo, sal agua y azúcar.

En el caso de las enzimas, las amilasas fúngicas son empleadas en la industria galletera para romper carbohidratos complejos (almidón presente en la harina), en azúcares simples. La levadura se alimenta de estos azúcares y genera una fermentación alcohólica que le permite a la masa elevarse y le suministrará sabor. Las células de la levadura contienen amilasas pero necesitan tiempo para fabricar la suficiente cantidad y romper el almidón. Por esto es que se necesitan largos tiempos de fermentación. (Lallemand, 2017).

Otra de las enzimas frecuentemente usadas son las proteasas (conocidas también como proteinasas o peptidasas) son muy útiles en la producción de harinas para galletas crackers donde no se desea elasticidad del gluten, estas enzimas dividen las cadenas de proteínas de la molécula de gluten y de este modo se produce en primer lugar un ablandamiento y después un colapso completo de la estructura (Popper, s.f.).

En presencia de las proteasa fúngicas no se forman los puentes de disulfuro haciendo que la masa oponga menos resistencia, lo que reduce el tiempo de amasado. Las proteasas cuando rompen los enlaces de disulfuro de las cadenas peptídicas que son responsables de la dureza, proporcionan estabilidad, relajan la masa haciéndola más dócil y de esta forma favorecen la retención gaseosa, proporcionan un aumento del volumen de las galletas (Popper, s.f.).

Del mismo modo, la levadura es parte integral en la fabricación de galletas debido a que es el agente leudante más utilizado. Es un ingrediente sencillo de usar, más fiable que otros agentes leudantes naturales y de acción rápida. Existen muchos tipos de levadura, sin embargo la utilizada en fermentación de masas para la fabricación de galletas es la *Saccharomyces cerevisiae*. Este microorganismo bajo condiciones anaeróbicas es capaz de

producir gas carbónico y alcohol a partir de azúcares inferiores, siendo esta facultad de producción de gases lo que tiene más importancia en la fermentación de la masa (Mühlenchemie, s.f.).

Las dispersiones de la levadura no deben hacerse en agua salada, ya que la sal tiene un efecto inhibitor muy fuerte sobre la actividad de la levadura. Puede matar las células a una concentración del 2% y aun a concentraciones más moderadas. Las soluciones de azúcar también inhiben las levaduras, estas no deben excederse del 5% de concentración.

Para la fermentación tradicional se emplea calor y humedad, la temperatura aplicada debe oscilar entre 28-32 C y la humedad entre 70 y 85% (Tejero, s.f.).

El proceso general para la producción de galletas consta de 4 pasos fundamentales, como son: mezclado, fermentación, moldeado y horneado. Las condiciones del proceso para la fabricación de galletas determinan la calidad que buscan los consumidores.

En la etapa inicial de proceso o mezclado se integra la harina, el agua, la grasa, el azúcar, la levadura activa la grasa. En este proceso se desarrolla el gluten de la harina. El bicarbonato de sodio es un ingrediente adicional que se agrega a la masa dependiendo el tipo de galleta que se quiera elaborar, generalmente se incorpora en una segunda etapa de mezclado cuando la masa sale de la fermentación.

Luego, se encuentra la etapa de fermentación o el esponje, es el proceso en el cual la levadura se desarrolla. En este paso se genera CO₂ y alcohol. Los productos líquidos generados en la fermentación brindan el olor y sabor característico de la masa, por otra parte el Dióxido de carbono es el encargado de duplicar el volumen de la misma. Para el buen desarrollo de la levadura es necesario tener condiciones de temperatura y humedad específicas.

La levadura utiliza fuentes de carbono para realizar la fermentación, estas son adquiridas del azúcar y de la harina que al tener enzimas como la α – amilasa y la β – amilasa degradan el almidón para obtener dextrosa (Espitia, 2009).

Según Olmedo (1964), a temperatura ambiente el alcohol es líquido por este motivo forma parte de la fase líquida de la masa, por el contrario el dióxido de carbono es gaseoso, es disuelto parcialmente y se genera ácido carbónico otra parte de dióxido de carbono es retenido por la masa y el resto escapa. Los factores que ayudan a la generación del gas durante la fermentación son: el aumento de la concentración de levadura, agregado de estimulantes para la levadura: Sulfato de calcio, carbonato amónico y cloruro amónico, una cantidad adecuada de azúcar y el incremento de la temperatura sobre los 30°C y menor a los 40°C.

Una vez la masa ha salido del proceso de esponje se procede a moldearla. De acuerdo con el tipo de masa que haya sido elaborado se lamina y se realizan los cortes necesarios para dar forma a la galleta. En el caso de la laminación es necesario conocer el número de capas óptimas para obtener el grosor y el horneado deseado.

El paso final en la producción de galletas es el horneado, en esta etapa es imperioso conocer las condiciones de horneado, para obtener las características físicas requeridas en las galletas. En esta fase el olor de la masa fermentada disminuye ya que parte del alcohol generado en la fermentación y otros productos se queman.

Factores que influyen en la acción de las enzimas

Según Tejero (s.f.), la cantidad de una enzima añadida a la harina reaccionará de forma distinta dependiendo de varios factores. El comportamiento de las masas dependerá de la cantidad del mejorador añadido, ya que es a través de este donde normalmente se adiciona las enzimas al producto; a través de un conjunto enzimático, que incorpora generalmente también ácido ascórbico y algún tipo de emulsionante.

Sin embargo, otros factores como la acidez de las masas madres, la temperatura de la masa y de la fermentación, así como la temperatura del horno, tendrán una repercusión de reacciones bien distintas cuando estos parámetros cambien. Casi todas las reacciones químicas de las células son canalizadas por enzimas, con la particularidad de que cada enzima sólo cataliza una reacción, por lo que existirían tantas enzimas como reacciones.

Otro factor de control importante durante la fermentación es el tiempo, mientras más aumenta el tiempo, se hace más difícil controlar el peso del producto durante su la fabricación (Duncan, 1989)

Sustratos disponibles en la harina

La actividad de una enzima responde a la concentración del complejo enzima-sustrato.

Es muy importante que la cantidad de sustrato y enzima estén relacionados. Cuando el sustrato es limitado, la acción de la enzima es lenta y limitada su reacción; cuando la cantidad de sustrato es elevada, la reacción será rápida y efectiva. En una reacción catalizada por la enzima (E), los reactivos se denomina sustratos (S), es decir, la sustancia sobre la que actúa la enzima. El sustrato es modificado químicamente y se convierte en uno o más productos (P). (Popper, s.f)

Efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática

Los aumentos de temperatura aceleran las reacciones químicas y enzimáticas: por cada 10°C de incremento, la velocidad de reacción se duplica. Las reacciones catalizadas por enzimas siguen esta ley general. Sin embargo, al ser proteínas, a partir de cierta temperatura, se empiezan a desnaturalizar por la acción del calor. La temperatura cuya actividad catalítica es máxima se llama temperatura óptima. Por encima de esta temperatura, el aumento de velocidad de la reacción debido a la temperatura es contrarrestado por la pérdida de actividad catalítica debida a la desnaturalización térmica y la actividad enzimática decrece rápidamente hasta anularse (Tejero, s.f.)

Las enzimas que se utilizan en la panadería comienzan su actividad desde que se añade el agua en el amasado y terminan en el horno; si por ejemplo la masa sale de la amasadora por debajo de 25°C, su actividad es bien diferente a si la masa queda por encima de los 28°C o más. Otro ejemplo es cuando la masa se fermenta a altas temperaturas la actividad varía notablemente.

Si de manera contraria la temperatura de la masa es muy fría o también si la temperatura inicial del horno es baja o al contrario, muy alta, se va a prolongar o reducir la actividad de las enzimas. Igualmente las enzimas añadidas a las masas de fermentación controlada, aún con actividad reducida debido a la baja temperatura, siguen activas, y tendrán tal repercusión, que si bien se paraliza la actividad fermentativa de la levadura, prosigue lentamente la degradación del gluten y del almidón..

Habitualmente las enzimas que se utilizan en la harina y las que el panadero aporta a través del mejorador se desnaturalizan y se desactivan a los 60°C (las amilasas fúngicas), mientras que las naturales del trigo lo hacen por encima de los 75°C.

Efecto del pH sobre la actividad enzimática

El pH es una medida de la acidez relativa de la masa. En procesos con fermentaciones cortas, la acidez en la que la actividad de las enzimas es óptima. Los aminoácidos que forman las proteínas pueden estar cargados positivamente o negativamente dependiendo del pH de la masa.

Para un pH neutro (pH=7), la mayor parte de las proteínas tienen en ambos signos positivo y negativo cargas disponibles a lo largo la cadena de aminoácido. Cargas opuestas se atraen y cargas iguales se repelen. Ésta fuerza de atracción/repulsión juega un papel importante en el sostén de toda la estructura de tridimensional de la proteína, la cual es importante para su funcionalidad. Como la que conforma una solución estándar de almidón a una velocidad de 1 g/hora a 40°C.

La actividad de las alfa-amilasas de origen fúngico comerciales se mide en dos unidades:

- FAU (Unidad Fungal Amilasa), que es la cantidad que dextrinizará una solución estándar de almidón a una velocidad de 1 g/hora a 40°C.
- SKB que mide la capacidad de la enzima para degradar una solución de almidón puro, a un pH de 4,6, durante 60 minutos a 300°C.

CONCLUSIÓN

El uso de enzimas como amilasas y proteasas en la fabricación de galletas tipo cracker, generan ventajas en todas las etapas del proceso, debido a que permiten que la extensión de la masa sea más uniforme, la reducción del grosor de la hoja de masa puede realizarse de forma más rápida y reproducible, los periodos de relajación pueden reducirse o incluso omitirse; los trozos de masa mantendrán la forma dada mediante el corte; se evitan la contracción y la curvatura en el horno, así como la formación de grietas capilares.

Las galletas fabricadas con las proteasa o amilasas adecuadas tienen una tendencia menor a curvarse durante el horneado y presentan un dorado uniforme.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Biocom. Guía de panificación con enzimas (Internet). Biocon.es. (2019) (Consultado 21 Mayo 2019). Disponible en: <https://biocon.es/wp-content/uploads/2017/05/BIOCON-Guía-de-panificaci%C3%B3n-con-enzimas.pdf>.
- Bojana, F. y Olivera, S. (2013) Dough rheological properties in relation to cracker-making performance of organically grown spelt cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, nº 48, p. 2356.
- Duncan, M. (1989). *Tecnología de la Industria Galletera: galletas cracker y otros horneados*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza.
- Espitia, C. (2009). Determinación de la concentración de la alfa y beta amilasas comerciales en la producción de etanol a partir de almidón de cebada empleando *Sccharomyces cerevisiae*. (Tesis de Doctorado). Recuperado de: <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis206.pdf>.
- Popper, L. (sf). *Enzimas – Las mejores amigas de las harinas*. Las pequeñas ayudantes de los fabricantes de harinas. Recuperado de: <http://www.mehlverbesserung.de/downloads-expertenwissen/mc-enzyme-popper-esp.pdf>
- Mühlenchemie. (s.f.). Página web: Mühlenchemie. Recuperado en: <http://www.muehlenchemie.de/espanol/la-empresa/index.html>
- Olmedo, F. (1964). Papel de la fermentación en la fabricación del pan. "Cereales", v. 173; pp. 13-15.

Popper, L. (sf). Enzimas – Las mejores amigas de las harinas .Las pequeñas ayudantes de los fabricantes de harinas. Recuperado de: <http://www.mehlverbesserung.de/downloads-expertenwissen/mc-enzyme-popper-esp.pdf>

Ronquillo Gutiérrez, H. R. (2012). Estudio del efecto de la adición de la enzima alfa amilasa en un pan tipo muffin, elaborado con diferentes tipos de harina de trigo (Bachelor's thesis).

Tejero, F. (s.f.). Defectos en la fermentación y la cocción. Asesoría técnica en panificación.

USOS MEDICINALES DE LAS HOJAS DE *Psidium guajava* L. “GUAYABA”

*(MEDICINAL USES OF THE LEAVES OF *Psidium guajava* L. “GUAYABA”)*

Lisbel, Martínez, Kimberly Martínez, Nirza, Noguera-Machado.

Universidad de Carabobo. Instituto de Investigaciones Biomédicas “Dr. Francisco Triana-Alonso”
(BIOMED). Sección de Biotecnología Agroindustrial.

lisbel.martineza@gmail.com/ kimmartinez1205@gmail.com/ nirza.noguera@gmail.com

Recibido: 14-06-2020/ Aceptado: 16-10-2020

RESUMEN

El interés en el uso de los recursos naturales para el tratamiento de diferentes afecciones se ha incrementado en las últimas décadas. La necesidad del hombre de solucionar sus problemas de salud, con mínimos efectos secundarios, evitando un mayor compromiso del organismo, hacen de los productos de origen natural la mejor opción. En este sentido, la presente revisión tiene como objetivo destacar la importancia que desde el punto de vista medicinal tiene la especie *Psidium guajava* L., conocida coloquialmente como “Guayaba”. Específicamente, sus hojas han sido utilizadas en diferentes partes del mundo, para tratar empíricamente enfermedades de diversas índoles. Investigaciones científicas han demostrado la presencia de un alto contenido de sustancias bioactivas en las hojas (flavonoides, taninos, catequina y antocianina), las cuales le confieren las propiedades que se le atribuyen. Dentro de éstas se atribuyen la capacidad antibacteriana, anti-inflamatoria antiparasitaria, efecto analgésico, antidiarreico, hipoglicemiente, antioxidante, y cicatrizante. Lo que demuestra su potencial como fuente para elaborar productos de uso farmacológico y alimentos funcionales.

Palabras claves: *Psidium guajava*, hojas, propiedades medicinales, compuestos fenólicos.

ABSTRACT

Interest in the use of natural resources for the treatment of different conditions has increased in recent decades. The need of man to solve his health problems, with minimal side effects, avoiding a greater compromise of the body, make products of natural origin the best option. In this sense, the present review aims to highlight the importance of the species *Psidium guajava* L., colloquially known as “Guayaba”, from a medicinal point of view. Specifically, its leaves have been used in different parts of the world to empirically treat diseases of various kinds. Scientific research has shown the presence of a high content of bioactive substances in the leaves (flavonoids, tannins, catechin and anthocyanin), which give it the properties attributed to it. Among these, antibacterial, anti-inflammatory, antiparasitic, analgesic, antidiarrheal, hypoglycemic, antioxidant, and healing effect are indicated. Which shows its potential as a source to produce products for pharmacological use and functional foods.

Keywords: *Psidium guajava*, leaves, medicinal properties, phenolic compounds.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos ancestrales las plantas medicinales, han sido empleadas a través de la historia en el tratamiento de enfermedades (Gallegos-Zurita, 2016), y continúan siendo utilizadas como fuente de desarrollo para la síntesis de nuevos fármacos, siendo capaces de realizar acciones útiles para la salud en procesos patológicos, sin ser nocivos (Gómez *et al.*, 2011). Existe una gran variedad de especies vegetales con propiedades medicinales, no obstante, muchas de esas plantas no cuentan con suficiente base científica en sus perfiles que permitan validar dicha información.

La especie *Psidium guajava* L. conocida popularmente como guayaba, familia *Myrtaceae*, se cultiva comercialmente en muchos países tropicales y subtropicales del mundo (Singh, 2011). Es un árbol muy popular en la medicina tradicional en América, donde su empleo es más amplio e involucra a toda la planta, siendo las partes más utilizadas las hojas y el fruto (Pardo, 2003). Su fruto es fuente importante de vitamina C y además contiene vitaminas B1 y B2, así como importantes minerales como calcio, magnesio, potasio, hierro y fósforo (Nieto, 2007).

El mayor productor de este fruto es la India, seguido por Pakistán, México y Brasil. Otros países productores incluyen a Egipto, Tailandia, Colombia, Indonesia, Venezuela, Sudan, Bangladesh, Cuba, Vietnam, Estados Unidos, Malasia, Puerto Rico y Australia (Singh, 2011). Según la FAO (2011) para el año 2008, el área cultiva estimada de guayaba en Venezuela fue de 3.500 ha con una producción de 55.650 TM, con un rendimiento anual de 15,9 TM/ha.

Estudios farmacológicos *in vitro* e *in vivo* de extractos procedente de las hojas de *P. guajava* L, han demostrado ser potenciales en el co-tratamiento de diferentes dolencias con alta prevalencia en todo el mundo. Esto debido a la presencia de metabolitos secundarios, que le confieren propiedades antimicrobianas, inhibidoras de la motilidad gastrointestinal, espasmolíticas, antiinflamatorias, antioxidantes, efecto hipoglicemiante, entre otras (Gutiérrez *et al.*, 2008). Estas propiedades medicinales, han sido asociadas a la presencia de sustancias bioactivas como la quercetina.

Con base a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue recopilar información acerca de las distintas propiedades medicinales de las hojas de guayaba, a fin de presentar datos útiles que puedan ser empleados como base para nuevas investigaciones en el campo de la fitofarmacología.

DESARROLLO DEL TEMA

Se ha demostrado que extractos de la hoja de *P. guajava* L., poseen propiedades antimicrobianas, astringentes, antihelmínticas y antioxidantes (Hidalgo, 2015), antiparasitaria y citotóxica (De Souza *et al.*, 2017), potencial antiinflamatorio, sedante y anestésico (León, 2014). Además han sido empleados en el tratamiento de diarreas, disenterías, gastroenteritis, indigestión, inflamación, úlceras (Gutiérrez *et al.*, 2008) y en el control de enfermedades como diabetes mellitus (Deguchi y Miyazaki, 2010). Las mismas están asociadas a la presencia de sustancias bioactivas, las cuales se describen a continuación.

Composición química

Estudios referentes a la caracterización fitoquímica de las hojas de *P. guajava*, han demostrado que los principales componentes son flavonoides, entre los cuales se encuentran la quercetina y la 3-O-arabinosilquercetina (guyaverina). Alrededor del 10% de taninos de tipo hidrolizables. También cabe mencionar la presencia de aceites esenciales (0,3%), constituidos principalmente por cariofileno, óxido de cariofileno, β -bisaboleno, aromadendreno, β -selineno, α -pineno, 1,8-cineol y selin-11-en-4 α -ol. Otros componentes de las hojas son triterpenoides, incluyendo ácidos oleánico, ursólico, crataególico, y guayavólico, ácido malísnico, ácido elágico, así como β sitosterol (Portillo, 2001).

Estos compuestos bioactivos le confieren propiedades etnomedicinales a los extractos provenientes de las hojas de esta planta (Salinas *et al.*, 2015).

Efectos farmacológicos de las hojas de P. guajava

Actividad antibacteriana

Estudios experimentales “*in vitro*” han demostrado la efectividad de los extractos provenientes de las hojas de guayaba sobre diferentes patógenos que afectan la salud de los seres humanos y de animales.

Escobar y Ccasa (2019) determinaron el efecto antimicrobiano del extracto etanólico contra *S. aureus*. Evidenciaron que la bacteria es altamente sensible al extracto en una concentración del 100%, con un halo de inhibición de 22,5 mm, y de sensibilidad intermedia para concentraciones de 60 y 80%, con halos de inhibición de 16,4 y 17,5 mm respectivamente.

Shetty (2018) demostró que los extractos acuosos y etanólicos de estas hojas son efectivos contra patógenos periodontales como *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* y *Porphyromonas gingivalis*. Por otra parte, Mehta *et al.* (2014) describieron la eficacia *in vitro* de las hojas de *P. guajava* L contra microorganismos orales como *Streptococcus mutans*, *Streptococcus mitis* y *Prevotella. Intermedia*.

Bermúdez-Vásquez *et al.* (2019) afirman que esta propiedad antimicrobiana favorecería el uso de estos extractos como aditivos contra bacterias, mejorando la inocuidad de las harinas de carne y hueso utilizadas en la alimentación animal, además de prolongar su vida útil.

Los compuestos bioactivos con capacidad antimicrobiana presentes en las hojas de *P. guajava*, pueden ser empleados para crear nuevos antibióticos o como coadyuvantes para los medicamentos ya existentes.

Actividad antiinflamatoria y analgésica

El estudio *in vivo* conducido por Ojewole (2006), demostró que el extracto acuoso de hoja de *P. guajava* L a concentraciones de 50-800 mg/kg de peso corporal, produjo una inhibición dosis dependiente significativa ($p < 0,05-0,001$) de la inflamación aguda (edema) en ratas, la cual fue inducida por albumina de huevo fresco. De igual manera se demostró que a una concentración del extracto de 50-800 mg/kg, también produjo efectos analgésicos dosis dependientes significativos ($p < 0,05-0,001$) contra el dolor nociceptivo inducido térmica y químicamente en ratones. Por lo que pudo concluir que posee propiedades analgésicas y antiinflamatorias que le concede el crédito farmacológico de la planta en el manejo y/o control de dolores en afecciones inflamatorias como la artritis.

En otra investigación realizada por Jang *et al.* (2014), se evidenció que el extracto etanólico de hoja de guayaba inhibió significativamente la producción inducida por el lipopolisacárido de óxido nítrico y prostaglandina E2 de una manera dosis dependiente. Además suprime la expresión y la actividad tanto del óxido nítrico sintasa inducible, como de la ciclooxigenasa-2 en parte, a través de la regulación negativa de la activación de ERK1/2 en los macrófagos RAW264.7. Demostrando que inhibe la secreción de mediadores inflamatorios, lo que le otorga un efecto antiinflamatorio, por ende previene enfermedades inflamatorias. Sin embargo, es necesario identificar los componentes activos que poseen esta actividad biológica.

Actividad antidiarreica

El uso más popular de las hojas de guayaba es para el tratamiento de la gastroenteritis. Efectivamente, la hoja de guayabo presenta actividad antidiarreica porque disminuye la motilidad intestinal por efecto sobre la musculatura lisa del intestino y reduce la secreción gastrointestinal. Estudios experimentales realizados in vivo muestran que la quercetina y la 3-O-arabinosilquercetina, presentes en la hoja de guayabo, inhiben la liberación de acetilcolina. Además, habría que sumar la acción antidiarreica de los taninos (Portillo, 2001; Ojewole *et al.*, 2008).

De acuerdo con Ortiz (2009), la presencia de quercetina en las hojas de *P. guajava* L también permite que los extractos acuosos reduzcan el daño inflamatorio crónico en el intestino, protegiéndolo del estrés oxidativo y preservando la función de la mucosa.

Actividad antiparasitaria

De Souza *et al.* (2017) demostraron la actividad antiparasitaria de las especies *Psidium brownianum* y *Psidium guajava* L, contra las líneas celulares de parásitos *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania brasiliensis* y *Leishmania infantum*.

Por otra parte, Piña-Vázquez *et al.* (2017) señalan que las hojas de *P. guajava* L y las flores de *Tagetes erecta*, contienen compuestos hidrosolubles que bloquean la motilidad de *Caenorhabditis elegans* por un mecanismo diferente al del medicamento antihelmíntico Levamisol.

Por lo tanto, estos extractos pueden ser un punto de partida para nuevos ensayos in vivo para el posible desarrollo de nuevas terapias complementarias y alternativas contra estas enfermedades.

Efecto hipoglicemiante

De acuerdo con Portillo (2001), ha sido puesta de manifiesto una acción hipoglicemiante del fruto del guayabo tanto en ratones como en humanos; sin embargo, esta

acción es más eficaz con los extractos etanólicos, acuosos y butanólicos de las hojas, descendiendo los niveles de glucosa en plasma y mejorando la tolerancia a la glucosa en ratas diabéticas.

Mazumdar *et al.* (2015) utilizaron el extracto etanólico de hojas de guayaba en una dosis de 750 mg/kg y lograron una discreta disminución de la glicemia en ratas diabéticas mediante la aplicación de aloxano. Inocente-Carmones *et al.* (2015) observaron un efecto hipoglicemiante del extracto acuoso, administrando una dosis entre 250 mg a 500 mg del extracto etanolico por kg de peso a ratas aloxanizadas. Una respuesta similar fue alcanzada por Vinayagam *et al.* (2018), quienes con el suministro vía oral del extracto acuoso de *P. guajava* L (a razón de 200mg/kg) lograron el aumento considerablemente de los niveles de insulina, glucógeno y hexocinasa, reduciendo los niveles de glucosa en sangre en ratas diabéticas tipo 2 en un 50% al finalizar el tratamiento. Díaz y Chinchay (2020) demostraron que el tratamiento con hoja de guayaba en polvo (*P. guajava* L) disminuye significativamente los niveles de glicemia de las ratas machos (*Sprague Dawley*) inducidas a diabetes mellitus tipo 2(DM2) con estreptozotocina.

Actividad antioxidante

Su capacidad antioxidante es debido al contenido de compuestos fenólicos como lo son los flavonoides, taninos, catequina y antocianinas (Vargas y Díaz, 2018).

Un estudio *in vitro* de las propiedades antioxidantes de un polisacárido aislado de las hojas (*PS-PGL*), demostró que el extracto acuoso de las hojas tuvo efectos en la eliminación de radicales en términos de 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH), hidroxilo y radical alquilo. Además, ejerció un efecto protector contra el estrés oxidativo inducido por el peróxido de hidrógeno y contra la toxicidad para las células Vero e inhibió la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) inducidas por el peróxido de hidrógeno, la peroxidación lipídica y la muerte celular. De manera que, este polisacárido podría ser útil a nivel industrial por sus antioxidantes, útil (Kim *et al.*, 2016).

Efecto cicatrizante

Peña y Omayra (2019) demostraron el efecto cicatrizante de un gel elaborado a partir de la hoja de guayaba. Para ello usaron 24,9 g de gel base y 0,6 g de extracto de hojas. Luego procedieron a realizar la incisión en la parte dorsal de las ratas (*Rattus rattus*), aplicaron el gel y a los 10 días se evidenció el efecto cicatrizante. Esto debido a la presencia de los taninos en las hojas de *P guajava* L, que de acuerdo con lo afirmado por Hidalgo (2010) promueven la contracción de los vasos sanguíneos, ayudan a la coagulación de la sangre, y por ende a la curación de las heridas.

Evaluación de Toxicidad

Bermúdez *et al.* (2007) evaluaron la toxicidad a dosis única de seis extractos de plantas medicinales, incluyendo *P guajava* L. Los resultados de los ensayos demostraron que no se produjo mortalidad ni se manifestaron síntomas indicativos de toxicidad en los animales, además no se mostró ninguna alteración en los órganos estudiados macroscópicamente. La DL50 de los extractos de estudio se encuentra por encima de 2000 mg/kg de masa corporal, calificándose según el Sistema Global Armonizado como “No tóxicas”.

CONCLUSIÓN

La diversidad de estudios científicos presentados acerca de las propiedades etnomedicinales de las hojas de *P. guajava* L., confirman su eficacia para el tratamiento de una diversidad de patologías. Su composición química, rica en compuestos bioactivos tales como fenoles, flavonoides, quercetina, saponinas, carotenoides, ácido ascórbico, entre otros, le otorgan propiedades terapéuticas importantes, pudiendo favorecer a la población de menores recursos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bermúdez, D.; Monteagudo, E.; Boffill, M. 2007. Evaluación de la toxicidad aguda de extractos de plantas medicinales por un método alternativo. Revista electrónica de Veterinaria, 8(3):1-7.

- Bermúdez-Vásquez, M.; Granados-Chinchilla, F.; Molina, A. 2019. Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Psidium guajava* y *Cymbopogon citratus*. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1):147-163.
- Deguchi, Y.; Miyazaki, K. 2010. Anti-hyperglycemic and anti-hyperlipidemic effects of guava leaf extract. *Nutrition y Metabolism*, 7(1): 9.
- De Souza, C.; Da Silva, A.; Gómez, M.; Rolóm, M.; Coronel, C.; Martins, J.; Sousa, A.; Rolim, L.; De Souza, F.; Melo, E. 2017. Anti-*Trypanosoma*, anti-*Leishmanial* and cytotoxic activities of natural products from *Psidium brownianum* Mart. ex DC. and *Psidium guajava* var. *Pomifera* analysed by LC-MS. *Acta Tropical*, 176 (1): 380-384.
- Díaz, B., Chinchay, A. 2020. Efectividad del consumo de la hoja de guayaba sobre los niveles de glucosa en ratas diabéticas tipo 2. *Revista Muro de la Investigación*, 5(1): 58-68.
- Escobar, A., Ccasa, E. 2019. "Efecto antimicrobiano del extracto de hojas de *Psidium guajava* L. (GUAYABA) sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Cándida albicans* ATCC 10231. Trabajo de grado para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Universidad Privada Autónoma del Sur. Arequipa, Perú. [Documento en línea]. Disponible: <http://repositorio.upads.edu.pe/bitstream/UPADS/58/1/TESIS%20ADALISA%20ESCOBAR-ELVIRA%20CCASA%20-%20copia.pdf>. [Consulta: abril 05, 2020].
- FAO. 2011. FAO Statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy. [Documento en línea]. Disponible: <http://faostat.fao.org/>. [Consulta: Mayo 02, 2020].
- Gallegos-Zurita. 2016. Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(4): 327-332
- Gómez, H.; González, K.; Medina, D. 2011. Actividad Antiinflamatoria de Productos Naturales. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 10 (1): 82-217.
- Gutiérrez, R.; Mitchell, S.; Solis, R. 2008. *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal Ethnopharmacol*, 117(1): 1-27.
- Hidalgo, A. 2010. Determinación del efecto cicatrizante del extracto acuotánico de la planta *Bacopa procumbens* en la línea celular 3t3 de fibroblastos de ratón. Tesis. Instituto Politécnico Nacional. México. [Documento en línea]. Disponible:

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7502/DETEREFECTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta: Mayo 22, 2020].

- Hidalgo, R. 2015. Beneficios de la guayaba para la salud. *Rev. Inv. Inf. Salud*, 10(25): 27-32.
- Inocente-Camones, M.; Guija-Poma, E.; Zarzosa-Norabuena, E.; Loja-Herrera, B.; Ponce-Pardo, J. 2015. Efecto hipoglicemizante de los extractos acuoso y etanólico de *Psidium guajava* L. (Guayaba) en ratas diabéticas inducidas por aloxano. *Horizonte Médico (Lima)*, 15(2):41-48.
- Jang, M.; Jeong, S.; Cho, S.; Ahn, K.; Lee, J.; Yang, D.; Kim, J. 2014. Anti-inflammatory effects of an ethanolic extract of guava (*Psidium guajava* L.) leaves in vitro and in vivo. *Journal of medicinal food*, 17(6): 678-685.
- Kim, S.; Kim, E.; Kim, Y.; Yu, S.; Choi, C.; Lee, J.; Kim, Y.; Nah, J. Jeon, Y. 2016. Protective effects of polysaccharides from *Psidium guajava* leaves against oxidative stresses. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91(1): 804-811.
- León, C. 2014. Determinación de compuestos bioactivos en la Guayaba (*Psidium guajava* L.). Proyecto de investigación. Instituto de investigación Facultad de Ingeniería Química Universidad Nacional del Callao. Perú. [Documento en línea]. Disponible: <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/883/100.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consulta: Junio 03, 2020].
- Mazumdar, S.; Rasheda.; Talukder, D. 2015. Antidiabetic and antidiarrhoeal effects on ethanolic extract of (*Psidium guajava* L.) bat. leaves in wister rats. *Asian Pacific of Tropical Biomedicine*, 5(1): 10-14.
- Mehta, V.; Rajesh, G.; Ashwini, R.; Ramya, S.; Mithun, P. 2014. Antimicrobial Efficacy of *Punica granatum* mesocarp, *Nelumbo nucifera* leaf, *Psidium guajava* leaf and *Coffea canephora* extract on Common Oral Pathogens: An In-vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research for Doctors*, 8(7):65-68.
- Nieto, A. 2007. Frutales nativos, un recurso filogenético de México. ed. MX, Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), Estado de México. México. 45-47.
- Ojewole, J. 2006. Anti-inflammatory and analgesic effects of *Psidium guajava* Linn. (*Myrtaceae*) leaf aqueous extract in rats and mice. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology*, 28(7): 441-446.
- Ojewole, J.; Awe, E.; Chiwororo, W. 2008. Antidiarrhoeal activity of *Psidium guajava* Linn. (*Myrtaceae*) leaf aqueous extract in rodents. *Journal Smooth Muscle Research*, 44(6):195-207.

- Ortiz, W. 2009. Desarrollo y Validación de técnicas espectrofotométricas para la determinación de flavonoides totales, en base a quercetina, presentes en las hojas de *Psidium guajava* L. Trabajo de Grado para optar al título de Químico Farmacéutico. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Cuba. [Documento en línea]. Disponible: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/822/Q09015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta: mayo 19, 2020].
- Pardo, O. (2003). Estudio comparativo de ocho especies americanas de uso medicinal en Mozambique. *Chloris Chilensis*. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.chlorischile.cl> [Consulta: Junio 08, 2020].
- Peña, A.; Omayra, Y. 2019. Efecto cicatrizante de un gel elaborado a base de *Psidium guajava* L. (guayaba) en *Rattus rattus*. Trabajo de grado para optar el título profesional de Químico Farmacéutico, Universidad Católica Los Ángeles Chimbote, Perú. [Documento en línea]. Disponible: http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/13641/CICATRIZANTE_GEL_PENA_ANGULO_OMAYRA_YESENIA.pdf?sequence=1. [Consulta: Mayo 25 ,2020].
- Piña-Vázquez, D.; Mayoral-Peña, Z.; Gómez-Sánchez, M.; Salazar-Olivo, L.; Arellano-Carbajal, F. 2017. Anthelmintic effect of *Psidium guajava* and *Tagetes erecta* on wild-type and Levamisole-resistant *Caenorhabditis elegans* strains. *Journal Ethnopharmacol*, 202(1): 92-96.
- Portillo, A. 2001. Plantas medicinales y drogas vegetales. Guayabo *Psidium guajava* L. (mirtáceas). *Farmacia Práctica (OFFARM)*, 191-192.
- Salinas, R.; García, M.; Velásquez, A. 2015. Biotecnología y etnomedicina para el desarrollo humano. *Crea Ciencia*, 9(2):46-55
- Shetty, S. 2018. Evaluation of the Efficacy of Guava Extract as an Antimicrobial Agent on Periodontal Pathogens. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 19(6): 690-697.
- Singh, S. 2011. Guayaba (*P. guajava* L.) En: Yahia, E.M. Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Woodhead Publishing Limited, Cambridge. UK, 1(3): 213-245.
- Vargas, L.; Díaz, E. 2018. Evaluación de los macrocomponentes y su capacidad antioxidante de *Psidium guajava* L. (Guayaba). Trabajo de grado para optar por el título de Licenciado en Bromatología y Nutrición Humana, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos – Perú. [Documento en línea]. Disponible: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5364/Laly_Tesis_Titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Consulta: abril 25 ,2020].

Vinayagam, R., Jayachandran, M., Chung, S., Xu, B. 2018. Guava leaf inhibits hepatic gluconeogenesis and increases glycogen synthesis via AMPK/ACC signaling pathways in streptozotocin-induced diabetic rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 103:1012-1017.

**ESTUDIO DE DIFERENTES FORMULACIONES DE YOGURT ORGÁNICO
DOÑA GODINA**

***(STUDY OF DIFFERENT FORMULATIONS OF DOÑA GODINA ORGANIC
YOGURT)***

Lisette Hidalgo, Rosa Marín, Glendy Yungasaca, Jimmy Yanza

Instituto Superior Tecnológico ISTECC. Tecnología en Procesamiento de alimentos. Parroquia Santa
Cecilia-Sucumbíos, Ecuador

lisettehidalgo@istec.edu.ec, rosamarin@istec.edu.ec

Recibido: 04-12-2020/ Aceptado: 18-12-2020

RESUMEN

El yogurt es un alimento que se considera beneficioso para la salud por el contenido de probióticos, sin embargo, la adición de aditivos alimentarios puede generar efectos secundarios. Por tal razón en la Finca Doña Godina del Instituto Superior Tecnológico Crecermás se realizó una investigación en la búsqueda de una formulación aceptada por el consumidor y con la mayor durabilidad posible sin utilizar aditivos. Se probaron formulaciones con borjón, piña y zapallo, adicionando leche en polvo, siendo más duraderas las de piña con 2% de leche en polvo. Se probaron formulaciones de yogurt natural con envases de plástico y vidrio, con 2% y 0% de leche en polvo, teniendo mayor aceptación de sabor el producto en envase de vidrio. La característica fisicoquímica pH en el yogurt natural no se ven notoriamente afectadas por el envase o la leche en polvo. Respecto a la composición nutricional de este producto presenta: Grasa Total 14 g, Grasas Saturada 10 g, Grasas Trans 0g, Grasas Monoinsaturadas 4g, Grasas Poliinsaturadas 1 g, Colesterol 24 mg, Sodio 60 mg, Carbohidratos totales 18g, Fibra 0 g, Azúcares 12 g, Proteína 10 g; reflejando estos resultados en el semáforo requisito de la normativa INEN 022 el yogurt entero es medio en azúcar, medio en grasa y bajo en sal.

Palabras clave: piña, zapallo, borjón, leche en polvo.

ABSTRACT

Yogurt is a food that is considered beneficial for health due to its probiotic content, however, the addition of food additives can cause side effects. For this reason, at the Doña Godina Estate of the Crecermás Higher Technological Institute, an investigation was carried out in the search for a formulation accepted by the consumer and with the greatest possible durability without using additives. Formulations with borojo, pineapple, and squash were tested, adding powdered milk, pineapple with 2% powdered milk being more durable. Formulations of natural yogurt were tested with plastic and glass containers, with 2% and zero milk powder, obtaining that the plastic transfers flavor to the product and the whole milk powder accentuates it. The physicochemical characteristics pH and acidity in natural yogurt are not noticeably affected by the packaging or the powdered milk. Regarding the nutritional composition of this product it presents: Total Fat 14 g, Saturated Fat 10 g, Trans Fat 0g, Monounsaturated Fat 4g, Polyunsaturated Fat 1 g, Cholesterol 24 mg, Sodium 60 mg, Total Carbohydrates 18g, Fiber 0 g, Sugars 12 g, Protein 10 g; Reflecting these results in the traffic light requirement of the INEN 022 regulation, yogurt would be medium in sugar, medium in fat and low in salt.

Keywords: *pineapple, pumpkin, borojó, powdered milk.*

INTRODUCCIÓN

El yogurt es uno de los alimentos que ofrece naturalmente beneficios a la salud del consumidor debido a su aporte de microorganismos probióticos que al ser ingeridos dan adecuado balance al sistema digestivo (Parra, 2012), sin embargo, al ser un producto industrializado se permite la utilización de ciertos aditivos que pueden generar efectos adversos en la salud. Al respecto Fernández, García y Morales (2012) citados por Gonzalez, (2018) han indicado que en diversas investigaciones se ha demostrado que el uso de conservantes químicos perjudica el organismo. No obstante en el CODEX STAN 243, (2003) se especifican los aditivos que pueden utilizarse según el tipo de yogurt a elaborar. En este propósito, se permite la utilización de gasificantes, espesantes y estabilizantes en leches fermentadas naturales y en las aromatizadas adicionalmente reguladores de acidez, colorantes, emulsionantes, acentuadores de sabor, gases de envasado y edulcorantes.

Debido a que el yogurt es un alimento susceptible al deterioro por el hecho de ser rico en nutrientes necesarios para la proliferación de microorganismos, para reacciones químicas y enzimáticas; la agroindustria para poder competir en el mercado,

garantizar la vida útil de su producto y mantener a sus clientes, se ve en la necesidad de utilizar estos aditivos.

Desde el punto de vista médico, algunos aditivos alimentarios suelen ser precursores de alergias, asma, rinitis (Cifré, 2002). Lo que hace necesario considerar investigar si ¿existe forma de realizar el yogurt sin aditivos químicos? ¿Se afectará la calidad del producto? ¿Qué tipo de envase será mejor? ¿En cuánto tiempo se verán afectadas sus características organolépticas? Ante estas interrogantes se ha desarrollado una investigación en la planta Doña Godina con el objetivo de estudiar diferentes formulaciones de su yogurt orgánico con el fin de obtener un producto sin conservantes con la mayor durabilidad. Siendo necesario para esto explorar la estabilidad organoléptica de diferentes formulaciones de yogurt para seleccionar los productos más duraderos, explorar la influencia de la temperatura, tipos envases y adición de leche en polvo en la estabilidad organoléptica de un yogurt natural sin conservantes en búsqueda de alternativas ecológicas y conocer la calidad nutricional, microbiológica y el pH del yogurt orgánico a comercializar con el fin de garantizar su calidad.

Al realizar esta investigación se estará ofreciendo una alternativa más saludable al consumidor, que permita obtener beneficios a su salud sin percibir los efectos adversos que puedan generar los aditivos, siendo una ventaja para agroindustrias lácteas, la ciencia y la academia, dando la ventana para nuevas investigaciones en pro de una alimentación sana. Por otra parte, el productor artesano podría elaborar alimentos sin temor de equivocaciones al agregar químicos de casas comerciales. Doña Godina también utilizará esta información para estandarizar formulaciones propias y formar a través de ISTECA a los estudiantes de Procesamiento de Alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación exploratoria que según Hurtado De Barrera (2010), consiste en la aproximación a un evento poco conocido. La investigación se dividió en fases:

Fase 1. Explorar de la estabilidad organoléptica de diferentes formulaciones de yogurt orgánico Doña Godina: se utilizó un diseño experimental de mezclas de vértices

extremos cuadrático aleatorizado, con 4 variables: Leche cruda (86-89%), Leche en polvo (2-5%), Azúcar (7-10%) y Fruta (2-4%). Se utilizó 3 Frutas distintas: Borojó (*Borojoa patinoi*), Piña (*Ananas comosus*) y Zapallo (*Cucurbita maxima*). Los tratamientos corresponden a la tabla 1. En esta etapa de la investigación se tomó en consideración porcentajes bajos de frutas aunque la normativa ecuatoriana exige como mínimo 5% de fruta dentro de un yogurt. Para elaborar el yogurt se recibió leche cruda, se realizaron los análisis de plataforma, se filtró, se adicionó leche en polvo a los tratamientos que correspondientes, se pasteurizó a 80°C por 10min, se incubó con cultivo YO-MIX (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) 42°C por 3 horas, se mezcló con mermelada de frutas 60°brix según tratamientos, se envasó y se refrigeró a 4°C.

Se utilizó la encuesta como técnica para recoger los datos de las evaluaciones sensoriales a través de un cuestionario escrito dirigido a 3 jueces analíticos que evaluaron la calidad de 6 muestras cada uno, con catación cada 4 días hasta el deterioro organoléptico de los productos, estimando muestras inicialmente para 25 días. Los datos se analizaron con Excel para obtener comportamiento en el tiempo y promedios.

Tabla 1. Matriz de tratamientos

Tratamiento	Leche Cruda %	Leche polvo %	Azúcar %	Fruta* %
1	89	2	7	2
2	86	5	7	2
3	86	2	10	2
4	87	2	7	4
5	86	3	7	4
6	86	2	8	4

*6 tratamientos/fruta codificados: B(borojó) Z(Zapallo) y P(piña), total 18 tratamientos.

Fase 2. Explorar la influencia de la temperatura, tipos envases y adición de leche en polvo en la estabilidad organoléptica de un yogurt natural sin conservantes. Se realizó un diseño experimental factorial 2³ para comparar los productos, se utilizó la técnica de la encuesta para la recolección de datos con el instrumento cuestionario escrito con el mismo procedimiento de la fase 1 pero con catación semanal. Las variables de estudio fueron Temperatura de almacenamiento (4 y 8 °C), Tipo de envase (1: vidrio, 2:

plástico), adición de 2% leche en polvo (1: Con leche en polvo, 2: sin leche en polvo). Los tratamientos se observan en la tabla 2. Los datos fueron analizados con Excel.

Tabla 2. Matriz de tratamientos

Tratamiento	Temperatura °C	Tipo de envase	Leche en polvo
1	4	1	2
2	4	2	2
3	8	2	1
4	8	1	2
5	8	1	1
6	4	2	1
7	8	2	2
8	4	1	1

Fase 3. Conocer de la calidad nutricional, microbiológica y pH del yogurt Doña Godina. Se realizaron los análisis correspondientes para dar cumplimiento a la NTE INEN: 2395 (2011). Para el análisis de datos se utilizó Excel, garantizando la calidad fisicoquímica del yogurt.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase 1. Estabilidad organoléptica de formulaciones de yogurt Doña Godina.

Textura: en los tratamientos se puede observar como el yogurt de borjón presentó una desmejora notoria en la textura en el día 9 desde su elaboración. Siendo los tratamientos B3, B4 y B6 los que menos alteración sufrieron. Por su parte, el yogurt de piña que se observa en la Figura 2, presentó una ligera mejora en la textura posiblemente debido a la refrigeración y se observó una desmejora parcial en el día 13. Los tratamientos P5 y P6 mantuvieron mejor su textura. En el caso de yogurt de zapallo su textura fue regular y se mantuvo durante 9 días. Indicando que su estabilidad se mantiene hasta aproximadamente 1 semana. En resumen respecto a textura son los tratamientos B3, B4, B6, P5 y P6 los más estables. Dichos tratamientos corresponden a 2- 3% de leche en polvo, indicando que una adición de 5% puede desfavorecer la textura.

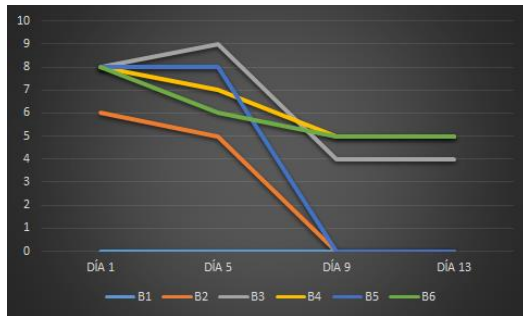


Figura 1. Textura Yogurt de borjón

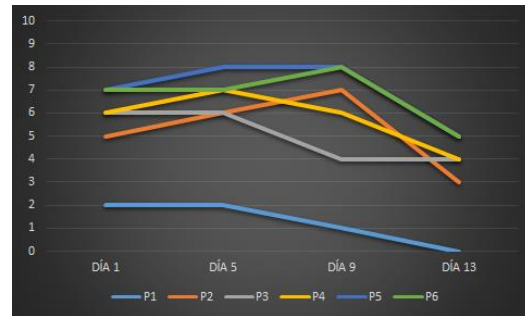


Figura 2. Textura Yogurt de piña

Sabor: el yogurt de borjón no presentó un patrón definido respecto a su sabor, siendo B3 el que presentó mejor sabor durante los 13 días. En otra investigación realizada por Salamanca G. et al. (2010), encontraron que a medida que aumentaban el contenido de azúcar y fruta aumentaba la aceptación sensorial, en este caso el tratamiento B3 posee el mayor contenido de azúcar y menor de fruta, posiblemente en esta zona prefieran yogurt dulces como los comerciales o el fruto de borjón de la zona posea mayor acidez. En el yogurt de piña se observó que se acentúa el sabor durante los primeros 5 días de refrigeración, indicando que es recomendable darle un breve almacenamiento antes de su distribución y mantener la cadena de frío, todos los productos desmejoraron en sabor el día 13, siendo el tratamiento P6 el que presentó mejor sabor. En cuanto al yogurt de zapallo, mantuvo sus características hasta el día 9 de manera estable y similar entre tratamientos. En resumen respecto al sabor son los tratamientos B3 y P6 los más estables y aceptados, ambos coinciden en su formulación con leche en polvo 2% pudiendo ser lo que beneficie la calidad del producto.

Olor: el yogurt de borjón mantuvo el olor estable durante 9 días cuando presentó una caída drástica en esta característica, lo que podría desagradar al consumidor. Cabe destacar que Salamanca, *et al.* (2010) no encontraron diferencia de aroma entre las diferentes formulaciones de bebida de borjón con yogurt probadas. El tratamiento B3 se consideró el más estable del grupo, tal como se muestra en la Figura 3. Respecto al yogurt de piña, se puede decir que se mantuvieron estables hasta el día 9, presentando desagrado en la calidad el día 13. Los tratamientos P4 y P6 fueron los más estables como se observa en la Figura 4. Por otra parte, tal como en las variables anteriores el yogurt de zapallo se mantiene estable sin comportamiento definido hasta el día 9.

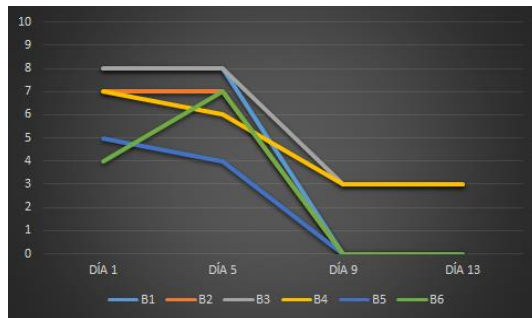


Figura 3. Olor Yogurt de borajó

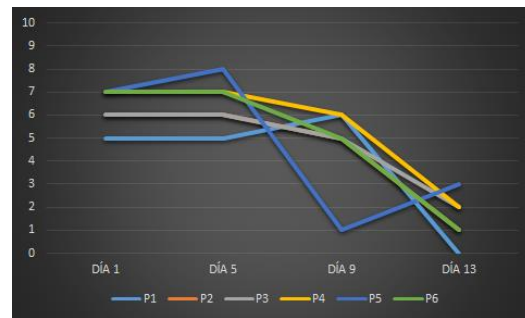


Figura 4. Olor Yogurt de piña

En síntesis se puede decir que los tratamientos B3, P4 y P6 presentaron mejor olor en el tiempo, teniendo en común los tres tratamientos 2% de leche en polvo. Pudiendo ser que a medida que se aumente el contenido a más de 2% se alteren las características organolépticas del yogurt.

Desuerado: la respuesta se midió observando si el producto presentaba desfase antes de consumirlo. El yogurt de borajó presentó desuerado en la semana 9 en el tratamiento B5 y posteriormente en la semana 13 solo se mantuvieron B3, B4 y B6. A diferencia de Salamanca *et al.* (2010) cuyo producto se mantuvo estable por 30 días. Cabe destacar que todos los tratamientos de yogurt de zapallo presentaron desuerado el día 13, razón que forzó el descarte de las muestras, siendo su estabilidad hasta el día 9.

La variable desuerado no se ve afectada en el yogurt de piña en ninguno de sus tratamientos, coincidiendo con Ayala (2012) que encontró como mejor tratamiento el yogurt con pulpa de piña escaldada y pasteurizada, elaborado con leche pasteurizada a 85°C, con 10% de pulpa de piña y 10% de azúcar, debido a que no presentó sinéresis, tuvo un pH inicial de 4.30 y final de 4.37 y una acidez de inicial de 0.71 y final de 0.88, mostrando la mejor estabilidad en 28 días almacenado a 4°C. En cuanto al yogurt de borajó se vieron afectados los tratamientos con más de 2% de leche en polvo. Mientras por otra parte, para Salamanca *et al.* (2010) la fórmula óptima de una bebida con borajó y yogurt es con 12,5% de pulpa diferente a la formulación utilizada en esta investigación.

Fase 2. Influencia de la temperatura, tipos envases y adición de leche en polvo en la estabilidad organoléptica de un yogurt natural sin conservantes.

Se evaluaron el color, olor, sabor, textura y aceptación general de los 8 tratamientos de yogurt natural el día 7 y día 15 desde su elaboración.

Color: en el color de los 8 tratamientos fue evidente la disminución en la calidad de esta característica en los tratamientos 2, 3 y 8. Sin embargo, las formulaciones no poseen características comunes. Cabe destacar que el color del producto presentó una puntuación baja en todos sus tratamientos, indicando que por ser blanco no genera atractivo visual.

Olor: respecto al olor del yogurt natural se puede observar que en líneas generales se mantiene estable, indicando que no se ve afectado de manera directa por el envase, leche en polvo o temperatura.

Sabor: en el sabor como se observa en la Figura 5 se vieron afectados los tratamientos 1, 2, 3 y 5. Aunque no se evidencia relación entre los tratamientos, los jueces manifestaron que en los envases plásticos, el sabor se transmite del envase al alimento con el pasar de los días dando sensación desagradable acentuado por la adición de leche en polvo, por lo que sería conveniente utilizar envases de vidrio. Según Morales (2010) la leche en polvo proporciona sabor y funcionalidad en productos lácteos como queso, helado, yogurt y leche recombinaada. Además agrega que la leche descremada en polvo es un ingrediente insípido con un sabor lácteo placentero. Proporciona sólidos de la leche sin impartir sabor o aromas indeseables. El tratamiento térmico intenso durante la elaboración del yogurt desnatura significativamente (70-95%) las proteínas del suero presente en la leche descremada en polvo. La desnaturación mejora el enlace del agua contribuyendo a una consistencia suave y una viscosidad mayor y previene la sinéresis. Otro aspecto importante fue la transferencia de sabor a plástico del envase al yogurt natural, lo que afirma Vista alegre Baserría (2018) en su publicación donde también hace referencia a que el vidrio no transfiere sabor alguno y es reciclable.



Figura 5. Sabor Yogurt natural

Textura: en cuanto a la variable textura solo los tratamientos 4 y 5 desmejoraron sus características. Ambos tratamientos poseen en común el envase de vidrio y refrigeración a 8°C, este último se conoce que puede afectar la textura, el yogurt a buena temperatura de refrigeración desarrolla mejor textura.

Aceptación general: como resultado de la aceptación general de los 8 tratamientos tuvo mayor aceptación el tratamiento 4 posiblemente por el material de envase que conserva sus características. El yogurt natural posee una estabilidad de 15 días donde empiezan a afectarse sus características organolépticas. Gonzalez (2018) también elaboró un yogurt natural cuya estabilidad microbiológica se mantuvo 15 días.

Fase 3. Calidad nutricional, microbiológica y pH del yogurt orgánico a comercializar con el fin de garantizar su calidad.

pH: se realizó análisis de pH para determinar a modo de indicador si se veía afectado por acción microbiana. Se encontró que no existe gran variación entre el día 7 y 15, además de que todos los tratamientos estuvieron dentro del rango óptimo de 4.0-4.6 ya que una desviación del pH requerido puede provocar un menor tiempo de vida del producto o un producto muy agrio, además, detener la fermentación demasiado pronto puede causar que el suero líquido se separe de los sólidos del yogurt, creando un producto sin consistencia (Hanna Instruments, 2017). Cuando se elaboran yogurt con frutas puede verse afectado el pH y la acidez, como fue el caso de un yogurt de arándanos estudiado por Zapata et al., (2015) que encontraron que en las propiedades físico-químicas se aprecia descenso del pH, aumento de acidez titulable y disminución de la concentración de sacarosa.

Microbiológicos: Los análisis microbiológicos para *Coliformes totales*, *Escherichia coli*, Mohos y Levaduras resultaron ser <10 ufc/g por lo que el producto en estudio cumple con los requisitos INEN de la 1529-7 y 1529-10 que son exigidos para comercializar este tipo de productos alimenticios en Ecuador. Estos resultados se atribuyen a un manejo adecuado de la línea de producción en especial en la pasteurización de la leche, que demuestra que los tiempos y temperaturas son adecuados para la obtención de un producto de calidad a pesar de no poseer conservantes.

Nutricional: Los análisis se realizaron en condiciones ambientales 20,9°C 61% HR. En la tabla 3 se puede observar que tanto la grasa y proteína corresponden a un yogurt entero, coincidiendo con Rosales (2016). En el análisis se localiza la proteína con un porcentaje considerable debido a que se utiliza leche entera de calidad con un 2% de leche en polvo, punto importante debido a que la proteína en el yogurt interfiere también con la textura del producto, la misma que mientras más proteínas contenga da una textura más cremosa, suave y un producto con mejor aroma además de tener un efecto de saciedad.

Tabla 3. Análisis químico

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
Sólidos totales	%	PEE/LA/02 INEN ISO 13580	17,83
Ceniza	%	PEE/LA/03 INEN 14	0,98
Fibra	%	INEN 522	0,00
Carbohidratos totales	%	Cálculo	7,20
Sodio	mg/100g	Electrodo selectivo	24,37
Azúcares	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	4,62
Fructosa	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	0,00
Glucosa	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	0,28
Sacarosa	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	0,00
Lactosa	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	4,34
Colesterol	mg/100g	Libermann Bourchard	9,49
Densidad	g/ml	Picnómetro	1,0407
Grasa saturada	%	AOAC 41.1 Modificado/	3,83
Grasas Trans	%	Cromatografía de gases con	0,00
Grasas Monoinsaturadas	%	Detector de Ionización de Llama	1,54
Grasas Poliinsaturadas	%	(FID)	0,22
Proteína	%	PEE/LA/01 INEN ISO 8968	4,06 ± 0,10
Grasa	%	PEE/LA/05 INEN ISO 8262	5,59 ± 0,27

A partir de los análisis de la tabla 3 se construyó la información nutricional del producto con el tamaño de porción de 250g es decir un envase, detallados en Tabla 4, dando como resultado un yogurt entero medio en azúcar, medio en grasa y bajo en sal.

Tabla 4. Información nutricional

Energía 1006 kJ (Calorías 240 Cal) Energía de grasa 545 kJ (Calorías de grasa 130 Cal)

	% Valor Diario*
Grasa Total 14 g	22 %
Grasas Saturada 10 g	50 %
Grasas Trans 0g	
Grasas Monoinsaturadas 4g	
Grasas Poliinsaturadas 1 g	
Colesterol 24 mg	8 %
Sodio 60 mg	3 %
Carbohidratos totales 18g	6 %
Fibra 0 g	0 %
Azúcares 12 g	
Proteína 10 g	20 %

* Valores Diario Requerido en base a una dieta de 8380kJ (2000 kcal)

La Normativa INEN 022 solicita que los productos alimenticios procesados manifiesten en su etiqueta el semáforo, en dónde se declara si el producto es alto, medio y bajo para azúcares, grasas y sal; debido a este requerimiento el producto cumple con necesidades nutricionales pero también es saludable ofreciendo prebióticos sin efectos secundarios.

CONCLUSIONES

La leche en polvo adicionada por encima de 2% en la formulación de yogurt afecta negativamente la textura, el sabor y olor en el tiempo. Siendo el óptimo 2%.

El yogurt de zapallo posee una estabilidad organoléptica de 7 días, siendo el desuerado el factor clave en el deterioro, contrario al yogurt de piña que no presentó desuerado en 13 días, siendo el tratamiento número 6 de esta fruta (86% leche cruda, 2% leche en polvo, 8% azúcar y 4% piña) el que mantuvo más estables sus características organolépticas en el tiempo.

En cuanto al yogurt natural, el color por sí solo no genera atractivo visual.

El envase plástico transmite sabor al alimento con el pasar de los días dando sensación desagradable acentuada por la adición de leche en polvo.

Refrigerar el yogurt a 8°C afecta negativamente la textura, al igual que el envase de vidrio que aun teniendo conductividad térmica similar al plástico, el espesor para la transferencia de calor es superior y dificulta el enfriamiento del producto.

El tratamiento de yogurt natural con mayor aceptación es el 4 indicando que el vidrio a baja temperatura y con una baja incorporación de leche en polvo favorece las características organolépticas en el tiempo.

El pH del yogurt natural no se ve afectado por la adición de (2-5%) leche en polvo, por la temperatura (4-8°C) ni por el tipo de envase.

Es conveniente utilizar envase de vidrio para evitar transferencia de sabores desagradables a plástico y refrigerar a 4°C.

De las frutas estudiadas se recomienda elaborar yogurt con piña, el cual sufre menos alteraciones en el tiempo, dando más oportunidades de comercialización. Se puede incorporar 5% de fruta para dar cumplimiento a la norma INEN ya que no genera efectos adversos en esa concentración. Para elaborar yogurt de borjón o zapallo se debe considerar que sea a demanda del cliente para evitar pérdidas de producción.

El yogurt natural analizado cumple con las normativas ecuatorianas en cuanto a requisitos fisicoquímicos, microbiológicos y nutricionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ayala, J. (2012). *Desarrollo de un yogurt con piña en la planta de producción de la empresa la belén* [Universidad Tecnológica Equinoccial]. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5009/1/51566_1.pdf

Cifré, L. (2002). Reacciones adversas frente a aditivos alimentarios. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. https://www.aaiba.org.ar/links/Reacciones_Cifre.pdf

CODEX STAN 243. (2003). Norma Del Codex Para Leches Fermentadas. *Codex Alimentarius*, 6–17. http://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243s.pdf

Gonzalez, O. (2018). *Determinación de la capacidad conservante del aceite esencial de Cinnamomum zeynalicum L. (canela) aplicado en yogures*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16517/1/UPS-CT008007.pdf>

Hanna Instruments. (2017). *Medición del pH durante la producción de yogurt*. <https://hannainst.com.mx/aplicaciones/medicion-del-ph-durante-la-produccion-de-yogurt/>

Hurtado De Barrera, J. (2010). *Guía para la comprensión holística de la ciencia*. In

Dirección de investigaciones y posgrado (Vol. 2).
<http://dip.una.edu.ve/mpe/017metodologiaI/paginas/Hurtado>, Guía para la comprensión holística de la ciencia Unidad III.pdf

NTE INEN: 022. Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empaquetados, Página Web. https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/RTE-022-2R_Rotulado_alimentos_procesados-1.pdf

NTE INEN: 2395. Leche Fermentada. Requisitos, Pagina Web 2 (2011).
http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/NORMAS_2014/ACO/17122014/nte-inen-2395-2r.pdf

Morales, V. (2010). *Aplicaciones de la Leche en Polvo en Productos Lácteos y Leches Recombinadas*. Portallechero.Com.
<https://www.portallechero.com/innovaportal/v/3332/1/innova.front/aplicaciones-de-la-leche-en-polvo-en-productos-lacteos-y-leches-recombinadas.html>

Rosales, M. (2006) Determinación del contenido de grasa en yogurt entero y descremado de marcas comerciales expandidas en la ciudad capital.
http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2428.pdf

Parra, R. (2012). Yogur en la salud humana. (Spanish). *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 162–177.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=87002933&lang=es&site=ehost-live>

Salamanca G., G., Osorio T., M. P., & Montoya, L. M. (2010). Elaboración de una bebida funcional de alto valor biológico a base de Borojo (Borojoa patinoi Cuatrec). *Revista Chilena de Nutricion*, 37(1), 87–96.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182010000100009

Vista alegre Baserría. (2018). *Los envases a debate*.
<http://www.vistaalegrebaserria.com/index.php/es/ontziak-eztabaidagai>

Zapata, I. C., Sepúlveda-Valencia, U., & Rojano, B. A. (2015). Efecto del tiempo de almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas, probióticas y antioxidantes de yogurt saborizado con mortiño (*Vaccinium meridionale Sw*). *Informacion Tecnologica*, 26(2), 17–28. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200004>

NORMATIVA PARA REDACCIÓN

Presentación, redacción y estilo

1. Tipo de letra Times New Roman tamaño 12 puntos. Interlineado 1,5. Márgenes: superior 3,5 cm, inferior, izquierdo y derecho 3 cm.
 2. Todas las citas irán incorporadas en texto.
 3. Las citas textuales inferiores a 40 palabras se anotan entre comillas dentro del párrafo y si tienen más de 40 palabras, se ubicarán en un párrafo separado, a un espacio interlineado y con sangría de diez espacios en ambos extremos a la utilizada, normalmente, en los otros párrafos, sin comillas.
 4. Para citar las fuentes de información textual se escribirá el apellido del autor, el año de publicación y el número de página entre paréntesis. Si los datos de la fuente se anotan después de transcribir la cita, solamente irá entre paréntesis todos los datos del autor, año y página. Ejemplo: Méndez (2018, p. 52) o (Méndez, 2018, p. 52).
 5. Las citas producto de paráfrasis o planteamiento de carácter general acerca de un documento se pondrán en el texto de la manera siguiente: (Méndez, 2018) o Méndez (2018).
 6. Si el autor del documento que se cita o se comenta es una institución u organización, en la primera oportunidad se escribe el nombre completo y posteriormente después de haber citado otros autores se utilizan sus siglas. Ejemplo: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” (2009); en las subsiguientes oportunidades se escribe: UNELLEZ (2009).
 7. Para citar en más de una ocasión una misma referencia, se procede de la siguiente forma: Méndez (2018) y seguidamente: Méndez (*ob. cit.*).
 8. Al referir dos o más documentos, publicados durante el mismo año por el mismo autor, cada cita se diferenciará con un literal en minúscula. Ejemplo: Sabino (2001a), Sabino (2001b), de igual forma se identificarán en la lista de referencias.
 9. Cuando el documento, que se cita, posee dos o más autores, en la primera oportunidad se escriben todos los apellidos y en las sucesivas se empleará: “y otros”. Ejemplo: López, Zerpa y Ríos (2017) y luego: López y otros (2017).
 10. Las referencias bibliográficas se presentarán a espacio sencillo y a 1,5 entre una y otra.
 11. Cuando se requiera enumerar varios elementos dentro de un párrafo se utilizarán literales con un paréntesis. Ejemplo: Los factores que influyen en el clima son: a) la proximidad del ecuador; b) la altitud sobre el nivel del mar; c) la proximidad del mar; d) la vegetación.
-

12. Cuando se requiera enumerar varios elementos fuera del párrafo se utilizarán numerales con un punto. Ejemplo: Las frutas eran:

1. Manzanas.
2. Peras.
3. Fresas.

Referencias Bibliográficas

1. En una única lista integrar las fuentes impresas, electrónicas, audiovisuales o de otra naturaleza que hayan sido citadas en el texto del trabajo.
2. Se organizan alfabéticamente por el apellido del autor, en forma continua.
3. Se presentan con: título en cursiva, párrafo a interlineado sencillo y el párrafo que contiene cada una de las referencias, después del primer renglón, deben tener una sangría de 5 puntos (sangría francesa).
4. Las referencias se presentarán a interlineado sencillo y a interlineado de 1,5 entre una y otra.
5. Cada una incluirá: autor, año, título y los datos que permitan su identificación siguiendo las normas pautadas por esta revista.
6. Se escribe en mayúscula, solo la inicial de la palabra primera del título de referencia (libro, artículo, ponencia, conferencia) o la inicial de la palabra primera después de un punto o dos puntos, así como también los nombres propios.
7. La estructura de algunas de las referencias es la siguiente:

Artículo de publicaciones periódicas:

Navarro, Y., Flores, P. y Guerra, y. (2014). *Diagnóstico socio comunitario del sector La Palma municipio Ezequiel Zamora, estrado Cojedes. Agrollania*, Volumen 14. Pág. 50-54.

Publicaciones periódicas online:

Paulino, A., dos Santos, E., do Nascimento, J., da Silva, K. y dos Santos, J. (2017). *Analysis of the urban heat island in representative points of the city of Bayeux/PB. Journal of Hyperspectral Remote Sensing*. Volumen N.6. Pág. 40-48. Recuperado de: <https://www.periodicos.ufpe.br/revistas/jhrs>. [Consultado en Enero 2020].

Artículo de periódico impreso:

Manzano, B. y Méndez, K. (21 de febrero de 2018). *México se declara en emergencia sanitaria*. La Crónica de Hoy. p. A3.

Artículo de periódico online:

Guerrero, D. (25 de noviembre, 2016). *Barcelona estudiará la remunicipalización del suministro de agua*. La Vanguardia. p. 1. Recuperado de: <http://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20161125/412162199077/barcelona-estudiara-remunicipalizar-agua.html>.

Libro en físico:

Hurtado, J. (2010). *El Proyecto de Investigación. Comprensión Holística de la Metodología y la Investigación*. Ediciones Quirón. Bogotá-Caracas.

Guevara, E. y Cartaya, H. (2004). *Hidrología Ambiental*. Ediciones Universidad de Carabobo. Venezuela. Carabobo-Venezuela.

Libro en línea:

González, L. 2012. El uso del Bambú en el concreto reforzado. Recuperado de: <https://infolibros.org/libros-de-ingenieria-civil-gratis-pdf/>

Capítulo de un libro:

Navarro-Escalona, Y., Pineda, C. (2017). La investigación acción participativa: una práctica reflexiva social en la formación ambiental universitaria. Cojedes-Venezuela. Edición Coordinación de Área de postgrado. Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales. UNELLEZ.

Libro con editor, compilador, coordinador, etc.:

Flores, P. (2017). (comps./edits.) Epistemática crítica del saber académico No 3. Serie estudios académicos. San Carlos, estado Cojedes, Venezuela: UNELLEZ.

Trabajo de ascenso:

Manzanero, J. (2012). *Modelos matemáticos para estimar tormentas de diseño en el estado Apure*. Trabajo de Ascenso a Profesor Agregado. Programa Ingeniería, Arquitectura y Tecnología. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos - Cojedes.

Trabajo de grado:

López, B. y Mujica, N. (2017). *Valoración de la resistencia a la compresión de un concreto elaborado con fibra natural agave sisalana (sisal)*. (Trabajo de Grado). Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos - Cojedes. Venezuela.

Trabajo de grado en línea:

Córdoba, K. (2012). *Geotecnología Espacial Aplicada Al Estudio Del Fenómeno De Islas Térmicas Urbanas. Una contribución al estudio de la dinámica socio-ambiental de las islas de calor urbano en la ciudad de Caracas*. (Tesis Doctoral). Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/327579432_GEOTECNOLOGIA_ESPACIAL_APLICADA_AL_ESTUDIO_DEL_FENOMENO_DE_ISLAS_TERMICAS_URBANAS_Una_contribucion_al_estudio_de_la_dinamica_socio-ambiental_de_las_islas_de_calor_urbano_en_la_ciudad_de_Caracas.

Información obtenida en Internet:

Ritter, M. (2009). *The Physical Environment: an Introduction to Physical Geography*. Recuperado de: <http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/titlepage.html>.

Resumen publicado en congresos, seminarios, simposios, jornadas y talleres:

Rincón, R. y Paredes, F. (2019). *Sistema de alerta temprana (SAT) en zonas vulnerables a inundaciones*. II Congreso de Ingeniería, Arquitectura y Tecnología: Nuevas tendencias de la ingeniería en la investigación y la producción. Universidad Nacional

Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos - Cojedes. Venezuela. Pág. 91 - 98.

Informes, actas y otras publicaciones:

UNELLEZ. (2017). *Actividades de Extensión en el Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales*. Programa Ingeniería, Arquitectura y Tecnología. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos - Cojedes. Venezuela. Pág. 12.

Matute, B. (2015). *La agricultura urbana y su impacto sobre la Islas de Calor*. Informe No. 2. San Carlos: Coordinación de Investigación. Pág. 45.

Leyes, normas, decretos, resoluciones y otros:

Venezuela 1999. *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 36.860. Caracas, diciembre 30. Pág. 22.

Norma Venezolana. 1981. COVENIN 1433. *Determinación del ruido emitido por vehículos de motor*. FONDONORMA. Pág. 5.

Fuentes en CDs:

Sinatra, F., (1969). *My Way* (CD audio). Londres: Warner Brothers Reino Unido.

Películas:

20th Century Fox. (Productor) y Cameron, J. (Director). (1997). *Titanic*. [Película]. Estados Unidos: Paramount Pictures.

Serie de televisión:

Caracol Televisión. (Productor). (2019). *Bolívar*. [TV series]. Colombia: Netflix.

Video:

Movistar. (Productor). (11 Julio 2018). *La historia de Europa*. [Archivo documental]. Europa. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=b-B-BdZNM4k>.

Podcast:

Torrealba, J. (25 de marzo de 2016) *El arte vivo del Bonsái*. [Audio en podcast]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Y07BFhuPuis>.

Responsabilidades éticas

No se acepta material previamente publicado. Los autores son responsables de obtener los oportunos permisos para reproducir parcialmente material (texto, tablas o figuras) de otras publicaciones y de citar su procedencia correctamente. Las opiniones expresadas en los artículos publicados son responsabilidad del autor o autores. En caso de investigaciones con personas especialmente menores, el autor o autores deben mencionar que han sido realizadas con consentimiento informado.

Promoción y difusión del artículo

Los autores se comprometen a participar en la máxima difusión de su manuscrito una vez publicado, así como de toda la revista. Para ello pueden hacer uso de las redes sociales y cualquier otro medio de difusión.