



Suplemento de manzana líquido



Pulpa de mango

Imágenes de: Ana Cecilia Díaz-López

# Viabilidad de bacterias ácido lácticas microencapsuladas mediante secado por aspersión con almidón de malanga en dos suplementos alimenticios

## Viability of lactic acid bacteria microencapsulated by spray drying with malanga starch in two dietary supplements

Ana Cecilia Díaz-López<sup>1,2\*</sup>, Virginia Villa-Cruz<sup>3</sup>, Gilber Vela-Gutiérrez<sup>1,2</sup>

### RESUMEN

Los cormos de malanga son tallos subterráneos con alto valor nutrimental por su contenido de carbohidratos y proteínas, además de ser altamente digestivos. El almidón que se extrae de ellos puede ser utilizado en la encapsulación de microorganismos probióticos, de gran importancia para la salud. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un suplemento alimenticio con características funcionales, usando bacterias ácido lácticas (BAL) (*Lactobacillus casei*), encapsuladas en almidón de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*). El suplemento se realizó mezclando 150 mL de pulpa de fruta cocida (mango o manzana) con 400 mL de suero de leche (pH de 6.0), a  $45 \pm 1$  °C, hasta conseguir la consistencia deseada (449.9 mPas/s a una temperatura de 25 °C). Posteriormente, se adicionaron 1 % o 2 % de almidón de malanga (p/v) y 10 mL de cultivo probiótico por cada 100 mL de mezcla. Se deshidrató a 80 °C y 150 °C con flujo de aire de 20 mL/min para manzana y 8 mL/min para mango mediante secado por aspersión. El rendimiento fue de 12 %, con una viabilidad de las BAL en el suplemento deshidratado a los 3 meses de almacenamiento superior a  $1 \times 10^8$  UFC/g. La ausencia de bacterias coliformes, así como de salmonella y shigella, indican que los suplementos son inocuos y aptos para consumo. La composición nutrimental del suplemento de manzana obtenido fue 2.23 % de fibra, 5.93 % de grasa, 4.95 % de proteína y un 79 % de hidratos de carbono; el suplemento de mango, el contenido fue 0.59 % de fibra, 7.6 % de grasa, 4.2 % de proteína y 80.20 % de hidratos de carbono. El almidón de malanga permitió la microencapsulación de las BAL y mantener su viabilidad durante el almacenamiento de los suplementos alimenticios desarrollados con base en suero de leche y fruta.

**PALABRAS CLAVE:** suplemento alimenticio, almidón de malanga, alimento funcional, secado por aspersión, encapsulación.

### ABSTRACT

Malanga corms are an underground stem with a high nutritional value as it contains carbohydrates and proteins, in addition to being highly digestive; The starch extracted from them can be used in the encapsulation of probiotic microorganisms, which are of great importance for human health. The objective of this work was to develop a food supplement with functional characteristics, added with lactic acid bacteria (*Lactobacillus casei*) (LAB), using malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. The supplement was obtained by mixing 150 mL of cooked fruit pulp (mango or apple) with 400 mL of sweet whey (pH of 6.0), at a temperature of  $45 \pm 1$  °C until the desired consistency (449.9 mPas/s at a temperature of 25 °C) was achieved. Subsequently, 1 % or 2 % of malanga starch (p/v) and 10 mL of probiotic cultures were added per each 100 mL of mixture. It was then dehydrated at 80 °C and 150 °C with an air flow of 20 mL/min for apple and 8 mL/min for mango by spray drying. The yield was 12 %, with viability of LAB in the dehydrated supplement at 3 months of storage higher than  $1 \times 10^8$  CFU/g. The absence of coliform bacteria, as well as Salmonella and Shigella, indicate that the supplements are safe and suitable for consumption. The nutritional composition of the apple supplement was 2.23 % fiber, 5.93 % fat, 4.95 % protein and 79 % carbohydrates; the mango supplement content was 0.59 % fiber, 7.6 % fat, 4.2 % protein and 80.20 % carbohydrates. The malanga starch allowed the LAB microencapsulation and the maintenance of their viability during the storage of sweet whey and fruit-based food supplements.

**KEYWORDS:** dietary supplement, malanga starch, functional food, spray drying, encapsulation.

\*Correspondencia: ana.diaz@unicach.mx/Fecha de recepción: 30 de abril de 2023/Fecha de aceptación: 25 de octubre de 2023/Fecha de publicación: 30 de enero de 2024.

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Funcionales, libramiento Nte. poniente núm. 1150, colonia Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C. P. 29000. <sup>2</sup>Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. <sup>3</sup>Universidad de Guadalajara, Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Vida, Lagos de Moreno, Jalisco, México.

## INTRODUCCIÓN

Un alimento funcional (AF) es similar en apariencia a un alimento convencional y se consume como parte de una dieta habitual, pero contiene componentes con actividad biológica que ejercen efectos fisiológicos benéficos adicionales a su valor nutricional que pueden reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Pushpangadan y col., 2014). El concepto de AF se introdujo en 1984 en Japón, para mejorar la salud del consumidor a través de la dieta enriquecida con ingredientes bioactivos. La legislación de ese país fue la primera en contemplarlos como alimentos para uso específico en la salud (FOSHU, por sus siglas en inglés: Food for Specified Health Use) (Prakash y col., 2017) y con base en ello, el gobierno japonés construye regularmente alegaciones sanitarias encaminadas a mejorar la salud de la población a través de su consumo (Martínez-Leo, 2018).

En Chiapas, México, se produce 1 millón de L/d de leche, de los cuales se calcula que el 60 % son utilizados en la elaboración de quesos, actividad de la que se generan aproximadamente 510 000 L/d de lactosuero, que podrían ser aprovechados en procesos alimenticios (Vázquez-Esnoval y col., 2017). De acuerdo a la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés: Food and Agriculture Organization) (FAO, 2017), la producción de suero de queso (lactosuero) a nivel mundial fue de casi 200 millones de T/a; Europa contribuye con cerca del 50 %, Estados Unidos de Norteamérica y México con 3 % y 0.6 %, respectivamente. El desperdicio del suero lácteo se debe, entre otros aspectos, al desconocimiento de las bondades nutricionales de este coproducto y a la dificultad para acceder a las tecnologías apropiadas para su manejo y procesamiento (Osorio-González y col., 2018).

El secado por aspersión, es una técnica que ha generado óptimos resultados en el aprovechamiento y la conservación de productos alimenticios (Kavitake y col., 2018). La microencapsulación por medio de este proceso es

una alternativa viable, ya que el uso de materiales encapsulantes y cortos tiempos de secado permiten proteger al producto final de los efectos adversos al que está expuesto el producto, por efecto de la temperatura y las interacciones que pueden tener con el medio que los contiene (Gil-Garzón y col., 2011).

La malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), es uno de los 6 cultivos de tallos, raíces y tubérculos más importantes del mundo. Es de origen pantropical y se ha domesticado en la mayoría de las comunidades de Oceanía, Asia y África, siendo este último el principal productor. África occidental y central, en particular Nigeria, Ghana y el Camerún, contribuyen con más del 60 % de la producción total del continente (Boakye-Abena y col., 2018). De acuerdo a Falade y Okafor (2014), los cormos de malanga contienen 80.99 % de humedad, 5.47 % de proteína cruda, 0.20 % de grasa cruda, 1.28 % de fibra cruda y 11.03 % de carbohidratos. Ndabikunze y col. (2011), reportaron la presencia de varios nutrientes en los cormos, tales como carbohidratos (almidón, que es el componente principal), proteínas, vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina y fibra dietética.

El almidón de malanga se utiliza en la industria alimentaria como aglutinante, espesante, gelificante, humectante y texturizante (Torres-Rapelo y col., 2014); representa una alternativa al almidón de maíz, en la encapsulación de microorganismos probióticos.

Las bacterias ácido lácticas (BAL), generalmente con características probióticas, proporcionan efectos fisiológicos benéficos como la reducción del pH intestinal, la producción de algunas enzimas digestivas, vitaminas y sustancias antibacterianas, la reconstrucción y construcción del microbiota intestinal, la reducción del colesterol en la sangre, la eliminación de la carcinogénesis (Vela-Gutiérrez y col., 2020).

Las BAL han estado presentes en la dieta humana desde la antigüedad. Hoy en día, se pue-

den encontrar en diferentes productos lácteos como bebidas, yogur, quesos frescos y maduros, diferentes carnes y sus productos, y en algunas verduras (Vela-Gutiérrez y col., 2020). Además, estas bacterias se han utilizado en la industria alimentaria como bioconservadores debido a que tienen un papel importante en los procesos de fermentación, no sólo por su capacidad de acidificación, sino también por su implicación en el desarrollo de la textura, sabor, olor y aroma de los alimentos (Parra-Huertas, 2009).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la viabilidad de BAL microencapsuladas mediante secado por aspersión, utilizando almidón extraído de cormos de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) en la formulación de dos suplementos alimenticios con lactosuero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material biológico

Se utilizaron cormos de malanga frescos y deshidratados, cosechados en los municipios de San Fernando y Ocozocuautila de Espinosa, en Chiapas, México.

Se trabajó con cepas de *Lactobacillus casei*, conservadas en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Funcionales (LIDPF) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, aisladas previamente de muestras de pozol fermentado chiapaneco por Velázquez-López y col. (2018).

El suero dulce (generado por la coagulación enzimática de la leche, sin acidificación), se obtuvo en el LIDPF a través de un proceso de elaboración de queso fresco. Posteriormente, se sometió a una deodorización con resinas catiónicas (Na<sup>+</sup>) (Amberlite IR 120 Na<sup>+</sup>, Sigma Aldrich®) y pasteurización (30 min, 65 °C) previo a ser utilizado en la formulación del suplemento alimenticio.

### Proceso de obtención de almidón de malanga

Se utilizaron cormos frescos de buena calidad y se siguió la metodología descrita por Niebla-Bárceñas (2009). La materia prima se lavó,

desinfectó, peló, pesó y cortó en trozos regulares de 2.5 cm x 2.5 cm, los cuales se molieron con agua destilada desionizada; la mezcla se filtró 3 veces, después se dejó reposar durante 48 h. Se decantó y centrifugó a 5 000 rpm/30 min con centrifugadora de mesa (VWR®, Modelo SM0412, Pensilvania, EUA). Se deshidrató a 60 °C/8 h, se molió y tamizó (malla número 60). El almidón obtenido se envasó al vacío y se almacenó a temperatura ambiente (fluctuando entre 15 °C y 30 °C).

### Elaboración del suplemento

Se mezclaron 150 mL de pulpa de fruta cocida (mango o manzana) con 400 mL de suero de leche (pH de 6.0), a 45 ± 1 °C, hasta conseguir la consistencia deseada (449.9 mPas/s a una temperatura de 25 °C). Se adicionaron 1 % o 2 % de almidón de malanga (p/v) y 10 mL de cultivo probiótico (1 x 10<sup>8</sup> UFC/g) por cada 100 mL de mezcla.

### Secado por aspersión

Para el deshidratado de ambos suplementos se empleó un secador de aspersión (Modelo SD 18A, LABFREEZ®, Beijing, China). El volumen y temperatura del aire de entrada se operaron a 80 % y 150 °C, respectivamente. La velocidad de alimentación fue de 8 mL/min para el suplemento de mango y 20 mL/min para el suplemento de manzana. La frecuencia de aguja del atomizador se mantuvo en cero en ambos procesos. Las condiciones de secado utilizadas se eligieron de acuerdo a resultados de los ensayos preliminares, considerando la calidad del encapsulado y la porosidad del suplemento, así como la viabilidad de la cepa encapsulada; además se comparó con otros estudios, como los de Guevara-Bretón y col. (2009), quienes optimizaron el proceso de encapsulación de *L. casei* y *L. reuteri* con maltodextrina en secado por atomización. Los productos de este estudio se caracterizaron, se empacaron al vacío y se almacenaron a temperatura ambiente (fluctuando entre 15 °C y 30 °C).

### Análisis químico proximal

Se determinó el contenido de humedad, grasa, proteínas, cenizas y fibra cruda, de acuer-

do a los procedimientos estándares del Colegio de Químicos Agrícolas Oficiales (AOAC, por sus siglas en inglés: Association of Official Agricultural Chemists) (AOAC, 1999). Todos los análisis se realizaron por triplicado. El contenido de los hidratos de carbono fue calculado por diferencia del resto de los componentes.

#### Evaluación microbiológica del producto

A los productos se le determinó la presencia de coliformes totales de acuerdo a la NOM-112-SSA1-1994; coliformes fecales considerando la NOM-210-SSA1-2014 y la presencia de salmonella y shigella con la NOM-114-SSA1-1994.

#### Viabilidad de las BAL en el suplemento alimenticio

Se evaluó a través de la técnica de vaciado en placa utilizando cajas de petri con agar MRS (Man, Rogosa y Sharpe), considerando la NOM-181-SCFI/SAGARPA-2018. El conteo de UFC/mL se realizó a las 24 h y 48 h.

#### Análisis estadístico

Los resultados del análisis químico proximal se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente a la prueba de Tuckey ( $P < 0.05$ ),

utilizando el software estadístico Minitab® versión 17.0 para Macintosh.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Almidón de malanga

El almidón extraído de los cormos de malanga presentó una coloración blanca y textura similar a la de una harina estándar de trigo (Figura 1). Se obtuvo un rendimiento de 26.82 % de almidón (Tabla 1), respecto al peso de cormo fresco utilizado, superior a lo encontrado por Aristizábal y Sánchez (2007), quienes alcanzaron un rendimiento de 20 % de almidón agrio de malanga, mediante el método húmedo modificado; Serna-Loaiza y col. (2018), quienes obtuvieron un rendimiento de 23.64 % en cormos de malanga; y Zuñiga (2019), que reportó un rendimiento de 16.5 % a través del método de decantación. También fue mayor a lo documentado en otros alimentos similares, como es el caso de la cáscara de plátano con 22 % (Cárdenas, 2018); la papa que contiene entre 12.4 % a 20.1 % (Ignacio y col., 2020); y el camote, con un 18 % (Guizar-Miranda y col., 2008).

La utilización de las harinas no convencionales, en la industria alimentaria y la gastronó-



■ Figura 1. Almidón obtenido de cormos de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*).

Figure 1. Starch obtained from taro corms (*Xanthosoma sagittifolium*).

■ **Tabla 1. Rendimientos de almidón y suplementos.**

Table 1. Yields of starch and supplements.

Producto	Resultado	Rendimiento (%)
1 kg de pulpa de malanga	268.24 g de almidón	26.82
18.64 g de malanga	5 g de almidón	26.82
500 mL de suplemento líquido	60 g de suplemento seco	12

mía, está en función de sus propiedades funcionales y fisicoquímicas. Muchos autores han publicado sobre dichas características y las de adhesión de los almidones de malanga (Falade y Okafor, 2015).

### Elaboración y secado del suplemento alimenticio

Por cada 100 mL de suplemento líquido se obtuvieron 12 g de producto final deshidratado, en ambos casos, los cuales fueron estables y fáciles de manipular, con consistencia de polvo fino, suave, granuloso, sin apelmazamiento (Figura 2). Dentro de sus atributos sensoriales más importantes destacaron el olor y color propios de las pulpas de los frutos utilizados (Tabla 2).

El secado por aspersión presentó una opción de proceso altamente viable, probablemente debido a la temperatura de entrada del aire

utilizada en el secador, ya que esta condición está directamente relacionada con el rendimiento, por el proceso de transferencia de calor y de masa que se realiza, como lo expresa Aragüez y col. (2022).

### Análisis químico proximal

El suplemento de manzana presentó mayor contenido ( $P < 0.05$ ) de humedad, fibra y proteína; en tanto que el suplemento de mango, tuvo mayor contenido de grasa (Tabla 3). La diferencia se debe a la composición de los frutos empleados como materia prima.

### Evaluación microbiológica del producto

Los suplementos no registraron crecimiento de coliformes totales y fecales, ni presencia de salmonella y shigella. Los resultados se encuentran dentro de los límites permitidos para ser considerados como productos inocuos y aptos para consumo (NOM-112-SSA1-1994).



■ **Figura 2. Suplementos secados por aspersión sin grumos, A: sabor a mango, y B: sabor a manzana.**

Figure 2. Spray-dried supplements, A: mango flavor, and B: apple flavor.

■ **Tabla 2. Características de los suplementos.**  
Table 2. Characteristics of the supplements.

Suplemento	Características
Sabor a manzana	Polvo color blanco, con textura fina, granulosa, sin presentar apelmazamiento, olor agradable (característico a manzana), presentación agradable a la vista, sabor característico de la fruta.
Sabor a mango	Polvo color amarillo con textura fina, granulosa, sin presentar apelmazamiento, olor agradable (característico a mango), presentación agradable a la vista, sabor característico de la fruta.

■ **Tabla 3. Resultados del análisis químico proximal de los suplementos.**  
Table 3. Results of the proximate chemical analysis of supplements.

Componente	Suplemento	
	Manzana	Mango
Humedad	1.589 ± 0.076 <sup>a</sup>	0.591 ± 0.320 <sup>b</sup>
Cenizas	6.467 ± 0.087 <sup>a</sup>	6.257 ± 0.410 <sup>a</sup>
Fibra	2.235 ± 0.071 <sup>a</sup>	0.595 ± 0.147 <sup>b</sup>
Grasa	5.936 ± 0.317 <sup>a</sup>	7.671 ± 0.429 <sup>b</sup>
Proteína	4.952 ± 0.005 <sup>a</sup>	4.260 ± 0.015 <sup>b</sup>
Hidratos de carbono	79.003 ± 0.477 <sup>a</sup>	80.200 ± 1.524 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>Letras distintas indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tipo de suplemento.

### Viabilidad de las BAL presentes en los suplementos alimenticios

El uso de una matriz encapsulante con almidón de malanga, proveyó una adecuada viabilidad a las BAL de *L. casei* sp (Tabla 4), confiriéndoles resistencia al tratamiento con alta temperatura (150 °C). La cantidad de microorganismos viables observada fue superior a lo establecido en la NOM-181-SCFI/SAGARPA-2018, para ser considerado como un alimento probiótico ( $1 \times 10^8$  UFC/g).

Los resultados concuerdan con los reportados por Alfaro-Galarza y col. (2019), quienes

indicaron una viabilidad de  $5.23 \times 10^8$  UFC/g de *L. casei* sp encapsulado mediante secado por aspersión utilizando almidón de arroz. Los mismos autores reportaron una cantidad de  $9.62 \times 10^8$  UFC/g de microorganismos cuando utilizaron el almidón de malanga.

El secado por aspersión resultó ser un método viable para la microencapsulación de las bacterias probióticas utilizadas en los dos productos alimenticios, ya que se puede observar que la cantidad de BAL presentes antes del proceso de secado (suplementos A y B, recién elaborados), posterior a él y des-

■ **Tabla 4. Resultados de viabilidad de BAL en los dos suplementos alimenticios (A y B).**  
Table 4. Results of LAB viability in the two food supplements (A and B).

Periodo de viabilidad	Resultados
Antes de la microencapsulación	Incontables*
Después del proceso de microencapsulación	Incontables*
3 meses de microencapsulación	Incontables*

\*Incontables= cantidad superior a  $1 \times 10^8$  UFC/g.

pués de 3 meses de almacenamiento se mantiene superior a  $1 \times 10^8$  UFC/g, lo que indica que el proceso de secado no tuvo un efecto negativo sobre la viabilidad de las bacterias debido al efecto protector del almidón de malanga. Vera-Peña y col. (2019), señalaron que, el lactosuero también protege las bacterias mediante el acoplamiento a la proteína de suero de leche, lo cual provoca que las células se incrusten dentro de las paredes de las cápsulas que se forman cuando se realiza el secado. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Moumita y col. (2017), quienes refrendan la eficiencia del uso de este proceso de secado, para la comercialización de varios simbióticos funcionales estables y bacterias que promuevan la salud. De acuerdo a González-Cuello y col. (2015), la microencapsulación permite recubrir los microgránulos, aumentando la eficiencia de la encapsulación e impide la interacción de los jugos gástricos con los microorganismos al interior, permitiendo su liberación hasta llegar al tracto intestinal.

Los resultados muestran que el uso de almidón de malanga como agente encapsulante es una opción viable desde el punto tecnológico, fácil de obtener, se aprovecha de forma óptima en el secado por aspersión, donde se mantienen sus propiedades, y le proporciona mejor estabilidad y mejor conservación a las BAL.

## CONCLUSIONES

Los suplementos elaborados fueron polvos finos, suaves, granulosos, sin apelmazamiento y estables durante tres meses de almacenamiento. El suplemento sabor manzana presentó mayor contenido de humedad, fibra y proteínas. Ambos reportaron las características de un alimento probiótico, al mantener durante el proceso de secado y almacenamiento una cantidad superior a  $1 \times 10^8$  UFC/g de BAL, cumpliendo con la NOM-181-SCFI/SAGARPA-2018 para este tipo de alimentos. La ausencia de bacterias coliformes, salmonella y shigella, indicaron que los suplementos fueron inocuos y aptos para consumo. Es necesario establecer estrategias para la aceptación de estos productos elaborados a partir de suero dulce de leche y fruta, como complementos alimentarios para poblaciones que requieran atención alimentaria y nutricional.

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT por el financiamiento del proyecto con clave 2016-01-277457 denominado Desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de cormos de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) del estado de Chiapas y Veracruz en la convocatoria 2016. Así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento del proyecto: 316447 - Consolidación de la infraestructura del Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Funciona-

les (LIDPF) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas a través de la convocatoria 2021 para el Fortalecimiento a la infraestructura.

Un agradecimiento especial a las doctoras Leónides Elena Flores Guillen y Erika Judith López Zúñiga, por su constante apoyo y aportación

en la elaboración de este proyecto, así como a la Mtra. Ivonne Anahí López Miceli por sus contribuciones para realizar el proyecto.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- Alfaro-Galarza, O., Chavarría-Hernández, N., Vargas-Torres, A., Zaragoza-Bastida, A. y Palma-Rodríguez, H. M. (2019). Microencapsulación de probióticos mediante secado por aspersión. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 19(1): S186-S188.
- Aragüez, Y., Pino, J. A., Bringas-Lantigua, M., Ortega, A. y Expósito, I. (2022). Temperaturas de secado para la microencapsulación de saborizantes frutales mediante secado por aspersión. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 32: 1-6.
- Aristizábal, J. y Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>. Fecha de consulta: 20 de marzo de 2022.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1999). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington: AOAC. [En línea]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>. Fecha de consulta: 9 de marzo de 2020.
- Boakye-Abena, A., Wireko-Manu, F. D., Ibok-Oduro, E. W. O., and Gudjónsdóttir, M. (2018). Utilizing cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) for food and nutrition security: A review. *Food Science Nutrition*. 6(4): 703-713.
- Cárdenas, M. A. (2018). Extracción de almidón a partir de residuos de banana (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de un polímero. Universidad politécnica salesiana. Cuenca Ecuador. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16241/1/UPS-CT007893.pdf>. Fecha de consulta: 21 de marzo de 2020.
- Falade, O. and Okafor, A. (2014). Physical, functional, and pasting properties of flours from corms of two Cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*. 52(6): 3440-3448.
- Falade, O. and Okafor, A. (2015). Physical, functional, and pasting properties of flours from corms of two Cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*. 52(6): 3440-3448.
- FAO, Food and Agriculture Organization (2017). Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación. Producción de leche. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>. Fecha de consulta: 3 de junio de 2019.
- Gil-Garzón, M. A., Alzate-Tamayo, L. M., Sánchez-Camargo, A. del P. y Millán-Cardona, L. de J. (2011). Secado por aspersión: una alternativa para la conservación de los compuestos bioactivos y aromáticos del extracto de ajo (*Allium sativum* L.). *Revista Lasallista de Investigación*. 8(2): 40-52.
- González-Cuello, R. E., Pérez-Mendoza, J. y Morón-Alcázar, L. (2015). Efecto de la Microencapsulación sobre la viabilidad de *Lactobacillus delbrueckii* sometido a jugos gástricos simulados. *Información Tecnológica*. 26(5): 11-16.
- Guevara-Bretón, N., López-Malo, A. y Jiménez-Munguía, A. (2009). Optimización de la encapsulación de L. casei y L. reuteri con maltodextrina en un secador por atomización. [En línea]. Disponible en: [https://smbb.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA\\_III/CIII-09.pdf](https://smbb.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA_III/CIII-09.pdf). Fecha de consulta: 4 de marzo de 2019.
- Guizar-Miranda, A., Montañez-Soto, J. L. y García-Ruiz, I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 9(1): 81-88.
- Ignacio, S., Pérez-Trujillo, E. F. y Gonzáles-Parrona F. J. (2020). Contenido de almidón nativo de variedades nativas de papa (*Solanum* spp.). *Revista de Investigación Agraria*. 2(1):15-25.

- Kavitake, D., Kandasamy, S., Devi, P. B., and Shetty, P. H. (2018). Recent developments on encapsulation of lactic acid bacteria as potential starter culture in fermented foods – A review. *Food Bioscience*. 21: 34-44.
- Martínez-Leo, E. E. (2018). *Manual de nutrición funcional*. INISEAN. (Primera edición). Mérida, Yucatán: Editorial Minayal. 24-32 Pp.
- Moumita, S., Goderska, K., Johnson, E. M., Das, B., Indira, D., Yadav, R., and Jayabalan, R. (2017). Evaluation of the viability of free and encapsulated lactic acid bacteria using in-vitro gastro intestinal model and survivability studies of synbiotic microcapsules in dry food matrix during storage. *LWT - Food Science and Technology*. 77: 460-467.
- Ndabikunze, B. K., Talwana, H. A. L., Mongi, R. J., Issa-Zacharia, A., Serem, A. K., Palapala, V., and Nandi, J. O. M. (2011). Proximate and mineral composition of cocoyam (*Colocasia esculenta* L. and *Xanthosoma sagittifolium* L.) grown along the Lake Victoria Basin in Tanzania and Uganda. *African Journal of Food Science*. 5(4): 248-254.
- Niebla-Bárceñas, L. (2009). Evaluación de encapsulamiento de compuestos de sabor en matrices de almidón. [En línea]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/6411>. Fecha de consulta: 5 de marzo de 2019.
- NOM-112-SSA1-1994 (1994). Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes, técnica del número más probable. México. [En línea]. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69535.pdf>. Fecha de consulta: 3 de junio de 2019.
- NOM-114-SSA1-1994 (1994). Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la determinación de salmonella en alimentos. México. [En línea]. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69538.pdf>. Fecha de consulta: 3 de junio de 2019.
- NOM-210-SSA1-2014 (2014). Norma Oficial Mexicana. Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. México. [En línea]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015#gsc.tab=0). Fecha de consulta: 3 de junio de 2019.
- NOM-181-SCFI/SAGARPA-2018 (2018). Norma Oficial Mexicana. Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba. México. [En línea]. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5167303&fecha=16/11/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5167303&fecha=16/11/2010). Fecha de consulta: 3 de junio de 2019.
- Osorio-González, C. S., Sandoval-Salas, F., Hernández-Rosas, F., Hidalgo-Contreras, J. V., Gómez-Merino, F. C. y Ávalos-de-la-Cruz, D. A. (2018). Potencial de aprovechamiento del suero de queso en México. [En línea]. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/922>. Fecha de consulta: 20 de marzo de 2019.
- Parra-Huertas, R. A. (2009). Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 62(1): 4967-4982.
- Prakash, B., Kujur, A., Singh, P. P., Kumar, A., and Yadav, A. (2017). Plants-derived bioactive compounds as functional food ingredients and food preservative. *Journal of Food Science*. 1: 004.
- Pushpangadan, P., George, V., Sreedevi, P., Bincy, A. J., Anzar, S., Aswany, T., ..., and Ijini, T. P. (2014). Functional foods and nutraceuticals with special focus on mother and child care. *Annals of Phyto-medicine*. 3(1): 4-24.
- Serna-Loaiza, S., Martínez, A., Pisarenko, Y., and Cardona-Alzate C. (2018). Integral use of plants and their residues: the case of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) conversion through biorefineries at small scale. *Environmental Science and Pollution Research*. 25: 35949-35959.
- Torres-Rapelo, A. L., Montero-Castillo, P. M. y Julio-González, L. C. (2014). Utilización de almidón de malanga (*Colocasia esculenta* L.) en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 12(2): 97-105.
- Vázquez-Esnoval, C. O., Pinto-Ruiz, R., Rodríguez-Hernández, R., Carmona-de-la-Torre, J. y Gómez-Jesús, A. (2017). Uso, producción y calidad nutricional del lactosuero en la región central de Chiapas. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 21(1): 65-77.
- Vela-Gutiérrez, G., Santos-Vázquez, A. G. y Velázquez-López, A. A. (2020). Viabilidad de bacterias ácido lácticas en dos productos funcionales formulados con lactosuero y malanga. *Biotecnia*. 22(3): 138-145.
- Velázquez-López, A., Covatzin-Jirón, D., Toledo-Meza, M. D. y Vela-Gutiérrez, G. (2018). Bebida fermentada elaborada con bacterias ácido lácticas aisladas del pozol tradicional chiapaneco. *CienciaUAT*. 13(1): 165-178.

Vera-Peña, M. Y., Cortes-Rodríguez, M. y Valencia-García, F. E. (2019). Secado por atomización de bacterias ácido lácticas: una revisión. *Ingeniería y Ciencia*. 15(29): 179-213.

Zuñiga, B. V. (2019). Extracción y análisis comparativo de las características del almidón de malanga (*Xanthosoma saggitifolium*), yuca (*Manihot esculenta*) y papa china (*Colocasia esculenta*). (Tesis inédita de ingeniería agroindustrial). Universidad Nacional de Chimborazo. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5485>. Fecha de consulta: 9 de junio de 2023.