



**S.E. P. TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**



## **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC**

### **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**

#### **DESARROLLO DE UNA BEBIDA FERMENTADA FUNCIONAL DE JUGO DE PITAYA Y EXTRACTO DE QUINOA: EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL**

PRESENTA:

**IBQ. MIRIAM DE LOURDES MARTÍNEZ MORÁN**

DIRECTOR:

**DRA. ERNESTINA PAZ GAMBOA**

CO-DIRECTOR INTERNO:

**DRA. ARACELI PÉREZ SILVA**

CO-DIRECTOR EXTERNO

**DR. JOSAFAT ALBERTO HERNÁNDEZ BECERRA**

**TUXTEPEC, OAXACA**

**ABRIL, 2025**

MCA-2025 / 03



**Educación**  
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



**Instituto Tecnológico de Tuxtepec**  
Subdirección Académica  
División de Estudios Profesionales

**Autorización de Presentación Electrónica de Tesis**

San Juan Bautista Tuxtepec, Oax., **02/Abril/2025**  
Oficio No. DEP/CT-2116

**C.MIRIAM DE LOURDES MARTÍNEZ MORÁN**  
**EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**  
**CON NÚMERO DE CONTROL M15350366**  
**P R E S E N T E**

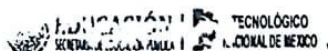
POR MEDIO DE LA PRESENTE ME PERMITO COMUNICARLE QUE EL COMITÉ TUTORIAL INTEGRADO POR LOS CC. ERNESTINA PAZ GAMBOA, ARACELI PÉREZ SILVA, ALBERTO HERNÁNDEZ BECERRA, MARÍA DE LOS ANGELES VIVAR VERA, ERASMO HERMAN Y LARA REVISÓ Y APROBÓ EN SU TOTALIDAD EL TRABAJO PROFESIONAL DENOMINADO "DESARROLLO DE UNA BEBIDA FERMENTADA FUNCIONAL DE JUGO DE PITAYA Y EXTRACTO DE QUINOA: EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL." PRESENTADO POR USTED COMO PRODUCTO DE TESIS DE ACUERDO AL LINEAMIENTO DE TITULACIÓN CORRESPONDIENTE, PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS.

POR LO ANTERIOR Y DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES SE LE DA TRÁMITE LEGAL PARA QUE PROCEDA A LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica*  
*Ciencia y Técnica Presentes al Futuro*

**JULIÁN KURI MAR**  
**SUBDIRECTOR ACADÉMICO**

ccp. Depto. Servicios Escolares  
Archivo  
MMA/C/emh\*



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC**

**SUBDIRECCIÓN  
ACADÉMICA**



**2025**  
Año de  
La Mujer  
Indígena

Calzada dr. Victor Bravo Ahuja, núm. 561 Col. Predio el Paraíso.  
C.P. 68350. Tuxtepec, Oax. Tel. 8751880 y 8751044 e-mail:  
division.de.estudios.profesionales@tuxtepec.tecnm.mx |





**Carta de Cesión de Derechos Autorales**

|                                          |                                                                                                                                            |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título de la Tesis                       | Desarrollo de una bebida fermentada funcional de jugo de pitaya y extracto de quinoa: evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial |
| Autor principal                          | <b>Miriam de Lourdes Martínez Morán</b>                                                                                                    |
| Email de contacto                        | <b>miriamdelourdesm8@gmail.com</b>                                                                                                         |
| Segundo autor                            | Ernestina Paz Gamboa                                                                                                                       |
| Tercer autor                             | Araceli Pérez Silva                                                                                                                        |
| Registro ISBN / ISSN<br>(Cuando aplique) |                                                                                                                                            |

Tuxtepec, Oaxaca **02/Abril/2025**

Por este conducto manifiesto que es mi libre voluntad el ceder los derechos patrimoniales relativos a la obra literaria de la cual soy el autor, a favor del Tecnológico Nacional de México / Campus Tuxtepec; para que sea publicada, sin más límites que los establecidos en la Ley Federal del Derecho de Autor.

Extiendo la presente para los fines legales a que haya lugar.

Atentamente

Autor1: [Miriam de Lourdes Martínez Morán]

Firma 

# TESIS MAESTRIA MIRIAM.docx

 Tecnológico Nacional de México

## Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::20755:447392038

Fecha de entrega

9 abr 2025, 11:47 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

26 may 2025, 9:31 a.m. GMT-6

Nombre de archivo

TESIS MAESTRIA MIRIAM.docx

Tamaño de archivo

14.9 MB

93 Páginas

20.002 Palabras

110.175 Caracteres



Página 1 of 102 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid:::20755:447392038



Página 2 of 102 - Integrity Overview

Identificador de la entrega trn:oid:::20755:447392038

## 20% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

### Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 10 words)

### Top Sources

- 18%  Internet sources
- 3%  Publications
- 10%  Submitted works (Student Papers)

### Integrity Flags

#### 1 Integrity Flag for Review



##### Replaced Characters

244 suspect characters on 26 pages

Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## **DEDICATORIA**

A Dios que es tan majestuoso, tan misericordioso y tan amoroso, a él sea la gloria. A mi hija Aura Cristina quien fue mi gran motivación, a mis padres quienes nunca me dejan sola y a mi esposo por su gran apoyo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por ser tan bueno conmigo, por darme sabiduría para llevar a cabo este proyecto, por no soltarme de su mano y ser mi refugio en mis días difíciles cuando sentía no poder más y por permitirme compartir este logro con las personas que amo.

A mi madre Cirila Morán, por animarme a estudiar un posgrado, por su apoyo incondicional y amarme como solo ella sabe hacerlo. Te amo mami, eres todo para mí.

A mi esposo Alexis Cruz, por su gran apoyo, por no dejarme sola con este proyecto y animarme a finalizarlo. Gracias amor.

A la MC. Ernestina Paz Gamboa por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, por su confianza, por su apoyo y su paciencia. La quiero mucho.

A la Dr. María de los Ángeles Vivar Vera por ser una gran persona, por tener un gran corazón y brindarme su apoyo para llevar a cabo gran parte de este trabajo. Por su confianza muchas gracias.

Al comité revisor la Dra. Araceli Pérez Silva, Dr. Erasmo Herman y Lara y al Dr. Josafat Alberto Hernández Becerra por su aportación en el desarrollo de este proyecto. Y a todos los profesores de la Maestría en Ciencias en Alimentos. Gracias por contribuir en mi formación académica y profesional.

A mis amigos, Luis Cabrera por motivarme e impulsarme a estudiar esta maestría, Mariana Guerrero, Abel González, Javier Ramos y Elena Manuel por ser más gratos mis días, y hacerme creer que la amistad existe a pesar de cuál sea la situación por la que estemos pasando cada uno personalmente. Gracias queridos amigos, los quiero mucho.

A mis compañeros de laboratorio, chicos de servicio y residencias por su gran apoyo, especialmente a Rosa Yvette en quien encontré una gran amiga. Gracias.

Al Tecnológico Nacional de México campus Tuxtepec, por permitirme utilizar sus instalaciones y laboratorios para el desarrollo de esta investigación.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, por la beca otorgada para llevar a cabo mis estudios de posgrado y este proyecto.

## RESUMEN

Martínez Morán, Miriam de Lourdes. Maestría en Ciencias en Alimentos. Instituto Tecnológico de Tuxtepec. “**Desarrollo de una bebida fermentada funcional de jugo de pitaya y extracto de quinoa: evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial**”. Director: M.C. Ernestina Paz Gamboa, Co-director interno: Dra. Araceli Pérez Silva, Co-director externo: Dr. Josafat Alberto Hernández Becerra.

Las bebidas funcionales no lácteas fermentadas con probióticos son una alternativa ideal para personas veganas o intolerantes a la lactosa, aportando compuestos bioactivos y antioxidantes que ayudan a controlar diversas enfermedades. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una bebida funcional de jugo de pitaya y extracto acuoso de quinoa fermentada con *Lactobacillus plantarum* y evaluar sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Las bebidas se elaboraron con jugo-extracto (1:1, 1:2 y 2:1), 10g/L de estevia, se pasteurizó a 85 °C/5 min, a 37 °C se adicionó *L. plantarum* (0.5 y 1.0%), y se fermentaron por 6 horas. Las bebidas desarrolladas fueron caracterizadas mediante análisis fisicoquímico, evaluación de viabilidad del probiótico (1, 7, 14 y 21 días), análisis microbiológico, contenido de betalaínas y polifenoles, actividad antioxidante mediante los métodos ABTS•+, DPPH+ y FRAP y una prueba de aceptación. Los resultados se analizaron mediante Análisis de Varianza de una vía y el método de comparación de medias de Fisher  $p < 0.05$  empleando el software estadístico Minitab v.17. El probiótico *Lactobacillus plantarum* alcanzó su fase estacionaria a las 10 horas de fermentación, siendo el tratamiento 1J2E-L1 el que mostró mayor tiempo de duplicación (4.17 h). No hubo diferencias significativas en el contenido de betalaínas entre las 6 y 10 horas de fermentación. Durante el almacenamiento, los tratamientos 1J1E-L1, 2J1E-L1 y 2J1E-L2 presentaron las mayores cuentas viables de *Lactobacillus plantarum* (6.60, 7.15 y 7.39 Log UFC/mL respectivamente) y un pH de 3.75, 3.69 y 3.66 al día 21, los cuales fueron los tratamientos seleccionados. El contenido de betalaínas disminuyó de 8.38 a 5.94 mg/100 mL en el día 1 a 5.28 a 7.11 mg/100 mL al día 21. El contenido de polifenoles inicial osciló entre 36.41 a 47.81 mg GAE/100 mL, reduciéndose a un rango de 27.36 a 38.21 mg GAE/100 mL. La capacidad antioxidante final osciló entre 56.95 a 93.65  $\mu\text{mol EqTrolox}/100\text{ mL}$  (ABTS•+), 54.58 a 98.45  $\mu\text{mol EqTrolox}/100\text{ mL}$  (DPPH+) y, 131.75 a 197.40  $\mu\text{mol EqTrolox}/100\text{ mL}$  (FRAP). Todos los tratamientos se encontraron dentro de los límites permisibles de Mesófilos aerobios, Mohos y Levaduras de acuerdo a la NOM-130-SSA1-1995 hasta el día 14. El tratamiento 2J1E-L1 fue el

de mayor aceptación en la evaluación sensorial. Se obtuvieron bebidas con propiedades probióticas y antioxidantes.

## ABSTRACT

Martinez Moran, Miriam de Lourdes. Master of Science in Food. Instituto Tecnológico de Tuxtepec. **“Development of a functional fermented beverage from pitaya juice and quinoa extract: physicochemical, microbiological and sensory evaluation”**. Director: M.C. Ernestina Paz Gamboa, Co-director interno: Dra. Araceli Perez Silva, Co-director externo: Dr. Josafat Alberto Hernandez Becerra.

Non-dairy functional beverages fermented with probiotics are an ideal alternative for vegans or lactose intolerant people, providing bioactive compounds and antioxidants that help control various diseases. The aim of this work was to develop a functional beverage made from pitaya juice and aqueous extract of quinoa fermented with *Lactobacillus plantarum* and to evaluate its physicochemical, microbiological and sensory properties. The beverages were prepared with juice-extract (1:1, 1:2 and 2:1), 10 g/L of stevia, pasteurized at 85 °C/5 min, *L. plantarum* (0.5 and 1.0%) was added at 37 °C, and fermented for 6 hours. The developed beverages were characterized by physicochemical analysis, probiotic viability assessment (1, 7, 14 and 21 days), microbiological analysis, betalain and polyphenol content, antioxidant activity using the ABTS•+, DPPH+ and FRAP methods and an acceptance test. The results were analyzed by one-way Analysis of Variance and Fisher's method of comparison of means  $p < 0.05$  using the statistical software Minitab v. 17. The probiotic *Lactobacillus plantarum* reached its stationary phase after 10 hours of fermentation, with treatment 1J2E-L1 showing the longest doubling time (4.17 h). There were no significant differences in betalain content between 6 and 10 hours of fermentation. During storage, treatments 1J1E-L1, 2J1E-L1, and 2J1E-L2 showed the highest viable counts of *Lactobacillus plantarum* (6.60, 7.15, and 7.39 Log CFU/mL, respectively) and a pH of 3.75, 3.69, and 3.66 on day 21, which were the selected treatments. The betalain content decreased from 8.38 to 5.94 mg/100 mL on day 1 to 5.28 to 7.11 mg/100 mL on day 21. The initial polyphenol content ranged from 36.41 to 47.81 mg GAE/100 mL, decreasing to a range of 27.36 to 38.21 mg GAE/100 mL. The final antioxidant capacity ranged from 56.95 to 93.65  $\mu\text{mol}$  EqTrolox/100 mL (ABTS•+), 54.58 to 98.45  $\mu\text{mol}$  EqTrolox/100 mL (DPPH+) and, 131.75 to 197.40  $\mu\text{mol}$  EqTrolox/100 mL (FRAP). All treatments were within the permissible limits of aerobic mesophiles, molds and yeasts according to NOM-130-SSA1-1995 until day 14.

Treatment 2J1E-L1 was the most accepted in the sensory evaluation. Beverages with probiotic and antioxidant properties were obtained.

## ÍNDICE

|               |                                                                       |           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I.</b>     | <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                             | <b>1</b>  |
| <b>II.</b>    | <b>MARCO TEÓRICO .....</b>                                            | <b>3</b>  |
| <b>2.1.</b>   | <b>ALIMENTOS FUNCIONALES .....</b>                                    | <b>3</b>  |
| <b>2.1.1.</b> | <b>BEBIDAS FUNCIONALES .....</b>                                      | <b>5</b>  |
| <b>2.1.2.</b> | <b>JUGOS DE FRUTAS FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS .....</b> | <b>7</b>  |
| <b>2.2.</b>   | <b>PROBIÓTICOS .....</b>                                              | <b>8</b>  |
| <b>2.2.1.</b> | <b><i>Lactobacillus plantarum</i> .....</b>                           | <b>9</b>  |
| <b>2.3.</b>   | <b>PITAYA (<i>Stenocereus stellatus</i>) .....</b>                    | <b>10</b> |
| <b>2.3.1.</b> | <b>COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PITAYA .....</b>                         | <b>11</b> |
| <b>2.3.2.</b> | <b>BETALAÍNAS .....</b>                                               | <b>13</b> |
| <b>2.3.3.</b> | <b>PRODUCCIÓN NACIONAL DE LA PITAYA .....</b>                         | <b>15</b> |
| <b>2.4.</b>   | <b>QUINOA (<i>Chenopodium quinoa</i>) .....</b>                       | <b>15</b> |
| <b>2.4.1.</b> | <b>COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA QUINOA .....</b>                         | <b>16</b> |
| <b>2.4.2.</b> | <b>PRODUCCIÓN NACIONAL DE LA QUINOA .....</b>                         | <b>17</b> |
| <b>III.</b>   | <b>ANTECEDENTES .....</b>                                             | <b>18</b> |
| <b>IV.</b>    | <b>JUSTIFICACIÓN .....</b>                                            | <b>19</b> |
| <b>V.</b>     | <b>OBJETIVOS .....</b>                                                | <b>20</b> |
| <b>5.1.</b>   | <b>OBJETIVO GENERAL .....</b>                                         | <b>20</b> |
| <b>5.2.</b>   | <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>                                    | <b>20</b> |
| <b>VI.</b>    | <b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>                                     | <b>21</b> |
| <b>6.1.</b>   | <b>MATERIA PRIMA .....</b>                                            | <b>21</b> |
| <b>6.2.</b>   | <b>ALMACENAMIENTO DE LAS PITAYAS .....</b>                            | <b>21</b> |
| <b>6.3.</b>   | <b>PROCESO DE OBTENCIÓN DEL JUGO DE PITAYA .....</b>                  | <b>22</b> |
| <b>6.4.</b>   | <b>PREPARACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE QUINOA .....</b>                | <b>23</b> |
| <b>6.5.</b>   | <b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS .....</b>                                  | <b>23</b> |

|         |                                                                                                      |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.5.1.  | DETERMINACIÓN DE pH .....                                                                            | 23 |
| 6.5.2.  | DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES .....                                                              | 23 |
| 6.5.3.  | DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES .....                                                           | 24 |
| 6.5.4.  | DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE .....                                                              | 24 |
| 6.6.    | ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL .....                                                                      | 25 |
| 6.6.1.  | DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (AOAC 925.09) .....                                                         | 25 |
| 6.6.2.  | DETERMINACIÓN DE CENIZAS (AOAC 923.03) .....                                                         | 25 |
| 6.6.3.  | DETERMINACIÓN DE GRASAS (AOAC 920.39) .....                                                          | 26 |
| 6.6.4.  | DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA (AOAC 962.09) .....                                                     | 26 |
| 6.6.5.  | DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS (AOAC 954.01) .....                                                       | 27 |
| 6.6.6.  | DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS .....                                                                 | 28 |
| 6.7.    | PREPARACIÓN DEL INOCULO <i>Lactobacillus plantarum</i> .....                                         | 28 |
| 6.7.1.  | ACTIVACIÓN DEL <i>Lactobacillus plantarum</i> EN CALDO MRS .....                                     | 28 |
| 6.7.2.  | PROPAGACIÓN DEL <i>L. plantarum</i> .....                                                            | 29 |
| 6.7.3.  | OBTENCIÓN DEL PAQUETE CELULAR .....                                                                  | 29 |
| 6.8.    | ELABORACIÓN DE LA BEBIDA FERMENTADA DE PITAYA Y QUÍNOA .....                                         | 30 |
| 6.9.    | EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL <i>Lactobacillus plantarum</i> EN LAS BEBIDAS<br>31                  |    |
| 6.10.   | EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LAS BEBIDAS .....                                                       | 32 |
| 6.11.   | DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Y PROPIEDADES<br>ANTIOXIDANTES DE LA BEBIDA .....               | 33 |
| 6.11.1. | OBTENCIÓN DE EXTRACTOS DE LAS BEBIDAS. ....                                                          | 33 |
| 6.11.2. | CONTENIDO DE BETALAÍNAS. ....                                                                        | 33 |
| 6.11.3. | POLIFENOLES TOTALES .....                                                                            | 34 |
| 6.11.4. | DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE. ....                                                        | 34 |
| 6.12.   | EVALUACIÓN SENSORIAL .....                                                                           | 35 |
| 6.13.   | ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....                                                                           | 35 |
| VII.    | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                                                         | 36 |
| 7.1.    | COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE GRANOS DE QUINOA DE<br>AGUASCALIENTES .....                          | 36 |
| 7.2.    | PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL JUGO DE PITAYA Y DEL EXTRACTO DE<br>QUINOA .....                      | 37 |
| 7.3.    | CINÉTICAS DE PH, ACIDEZ Y CRECIMIENTO DEL PROBIÓTICO DURANTE LA<br>FERMENTACIÓN DE LAS BEBIDAS ..... | 38 |
| 7.4.    | CONTENIDO DE BETALAÍNAS DURANTE LA FERMENTACIÓN .....                                                | 42 |

|        |                                                                                   |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.5.   | ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS BEBIDAS .....                                      | 43 |
| 7.6.   | VIABILIDAD DE <i>Lactobacillus plantarum</i> EN LAS BEBIDAS .....                 | 48 |
| 7.7.   | CONTENIDO DE BETALAÍNAS EN LAS BEBIDAS SELECCIONADAS Y<br>CONTROLES .....         | 50 |
| 7.8.   | CONTENIDO DE POLIFENOLES EN LAS BEBIDAS SELECCIONADAS Y<br>CONTROLES .....        | 52 |
| 7.9.   | ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE PRESENTE EN LAS BEBIDAS SELECCIONADAS Y<br>CONTROLES ..... | 54 |
| 7.9.1. | MÉTODO ABTS• 2,2 Azino-bis-(3-etilbenzo-tiazolina-6-sulfónico) .....              | 54 |
| 7.9.2. | MÉTODO DPPH+ 2,2-difenil-1-picrilhidracilo. ....                                  | 56 |
| 7.9.3. | MÉTODO FRAP (Poder Antioxidante/Reducción Férrica). ....                          | 57 |
| 7.10.  | EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LAS BEBIDAS SELECCIONADAS. ....                      | 59 |
| 7.11.  | COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LAS BEBIDAS SELECCIONADAS .....                   | 61 |
| 7.12.  | EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS BEBIDAS SELECCIONADAS. ....                           | 62 |
| VIII.  | CONCLUSIONES .....                                                                | 64 |
| IX.    | REFERENCIAS .....                                                                 | 65 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Composición química de la pitaya ( <i>Stenocereus stellatus</i> ) .....                                                                             | 12 |
| <b>Tabla 2.</b> Composición química de quínoa y trigo. ....                                                                                                         | 16 |
| <b>Tabla 3.</b> Diseño experimental de la distribución de tratamientos para la elaboración de las bebidas .....                                                     | 31 |
| <b>Tabla 4.</b> Resultados del análisis químico proximal de las semillas de quínoa .....                                                                            | 36 |
| <b>Tabla 5.</b> Análisis fisicoquímicos del jugo de pitaya y del extracto acuoso de quínoa .....                                                                    | 37 |
| <b>Tabla 6.</b> Velocidad máxima de crecimiento y tiempo de duplicación de <i>Lactobacillus plantarum</i> durante la fermentación de las bebidas a 37 °C/24 h ..... | 41 |
| <b>Tabla 7.</b> Contenido de betalaínas presentes en las bebidas a las 6 y 10 horas de fermentación a 37 °C .....                                                   | 42 |
| <b>Tabla 8.</b> Contenido de sólidos solubles presentes en las diferentes bebidas durante un almacenamiento de 21 días a 4 ± 1 °C .....                             | 44 |
| <b>Tabla 9.</b> Contenido de azúcares reductores presentes en las diferentes bebidas durante un almacenamiento de 21 días a 4 ± 1 °C .....                          | 45 |
| <b>Tabla 10.</b> Comportamiento de pH en las diferentes bebidas durante un almacenamiento de 21 días a 4 ± 1 °C .....                                               | 46 |
| <b>Tabla 11.</b> Porcentaje de acidez en las diferentes bebidas durante un almacenamiento de 21 días a 4 ± 1 °C .....                                               | 47 |
| <b>Tabla 12.</b> Viabilidad de <i>Lactobacillus plantarum</i> en las diferentes bebidas durante un almacenamiento de 21 días a 4 ± 1 °C .....                       | 49 |
| <b>Tabla 13.</b> Determinación de mesófilos aerobios en las bebidas durante el almacenamiento (UFC/mL) ...                                                          | 59 |
| <b>Tabla 14.</b> Determinación de Levaduras en las bebidas durante el almacenamiento (UFC/mL) .....                                                                 | 60 |
| <b>Tabla 15.</b> Determinación de Mohos en las bebidas durante el almacenamiento (UFC/mL) .....                                                                     | 60 |
| <b>Tabla 16.</b> Resultados del análisis químico proximal de las bebidas seleccionadas .....                                                                        | 61 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Ejemplos de alimentos funcionales .....                                                                       | 3  |
| <b>Figura 2.</b> Bebidas funcionales .....                                                                                     | 6  |
| <b>Figura 3.</b> Posibles componentes presentes en una bebida funcional (Fernandes & Sonawane, 2018). .....                    | 7  |
| <b>Figura 4.</b> Probióticos .....                                                                                             | 8  |
| <b>Figura 5.</b> <i>Lactobacillus plantarum</i> .....                                                                          | 10 |
| <b>Figura 6.</b> <i>Stenocereus stellatus</i> de Totoltepec de Guerrero, Puebla .....                                          | 11 |
| <b>Figura 7.</b> Estructura química de las betacianinas y betaxantinas .....                                                   | 14 |
| <b>Figura 8.</b> <i>Chenopodium quinoa</i> .....                                                                               | 15 |
| <b>Figura 9.</b> Pitaya y Quínoa .....                                                                                         | 21 |
| <b>Figura 10.</b> Proceso de obtención de la pulpa de pitaya ( <i>Stenocereus stellatus</i> ) .....                            | 22 |
| <b>Figura 11.</b> Jugo de pitaya obtenido .....                                                                                | 22 |
| <b>Figura 12.</b> Extracto acuoso de quinoa obtenido .....                                                                     | 23 |
| <b>Figura 13.</b> <i>Lactobacillus plantarum</i> activado en agar MRS .....                                                    | 28 |
| <b>Figura 14.</b> Activación de <i>Lactobacillus plantarum</i> . .....                                                         | 29 |
| <b>Figura 15.</b> Propagación de <i>Lactobacillus plantarum</i> en caldo MRS .....                                             | 29 |
| <b>Figura 16.</b> Obtención del paquete celular de <i>Lactobacillus plantarum</i> .....                                        | 30 |
| <b>Figura 17.</b> Proceso para la elaboración de las bebidas fermentadas de pitaya y quínoa. ....                              | 30 |
| <b>Figura 18.</b> Viabilidad de <i>Lactobacillus plantarum</i> en placas de agar MRS .....                                     | 32 |
| <b>Figura 19.</b> Análisis microbiológico (recuento en placas) .....                                                           | 33 |
| <b>Figura 20.</b> Evaluación sensorial de las bebidas .....                                                                    | 35 |
| <b>Figura 22.</b> Comportamiento de pH en las bebidas durante la fermentación a 37 °C/24 h. ....                               | 39 |
| <b>Figura 21.</b> Comportamiento de %Acidez en las bebidas durante la fermentación a 37 °C/24 h. ....                          | 39 |
| <b>Figura 23.</b> Crecimiento de <i>Lactobacillus plantarum</i> en las bebidas durante la fermentación a 37 °C/24 h..<br>..... | 40 |
| <b>Figura 24.</b> Contenido de betalainas en las bebidas durante su almacenamiento a 4 ± 1 °C. ....                            | 50 |
| <b>Figura 25.</b> Contenido de polifenoles solubles en las bebidas durante su almacenamiento a 4 ± 1 °C. ....                  | 52 |
| <b>Figura 26.</b> Actividad antioxidante por el método ABTS•+ en las bebidas durante su almacenamiento a 4 ±<br>1 °C .....     | 55 |
| <b>Figura 27.</b> Actividad antioxidante por el método DPPH+ en las bebidas durante su almacenamiento a 4 ±<br>1 °C. ....      | 56 |
| <b>Figura 28.</b> Actividad antioxidante por el método FRAP en las bebidas durante su almacenamiento a 4 ± 1<br>°C .....       | 57 |
| <b>Figura 29.</b> Resultados de evaluación sensorial en las bebidas seleccionadas .....                                        | 63 |

# **INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tendencia en la alimentación se inclina hacia el aumento del consumo de productos naturales que aporten nutrientes y antioxidantes, ofreciendo beneficios al consumidor. Entre las alternativas emergentes se encuentran las bebidas funcionales no lácteas de alto valor funcional, como los jugos de frutas fermentados por bacterias ácido-lácticas. Estas bebidas pueden satisfacer necesidades como la intolerancia a la lactosa y responder a la creciente preferencia por el veganismo (Ruiz Rodríguez *et al.*, 2020). La pitaya es el nombre común para las especies del género *Stenocereus*, una cactácea que crece en cactus columnares adaptables a zonas áridas y semiáridas. El fruto de la pitaya puede pesar entre 20 a 200 g, destacándose por su pulpa sabrosa, que varía en tonalidades, y por sus pequeñas semillas blandas y comestibles. Su exterior está cubierto por espinas deciduas, y su vida útil es de aproximadamente 4 a 5 días (García-Cruz *et al.*, 2016). Aunque el betabel ha sido históricamente la mayor fuente de betalainas, en las últimas décadas se han identificado importantes concentraciones de estos pigmentos en frutos de cactáceas como las pitayas (*Stenocereus* spp.) (García-Cruz, 2021). Las betalainas son un grupo de pigmentos que contienen betacianinas (rojas) y betaxantinas (amarillas). Su fórmula general se basa en la condensación de una amina primaria o secundaria con el ácido betalámico. Además de aportar color a los frutos, las betalainas destacan por sus importantes propiedades biológicas, incluyendo actividades antioxidantes, antiinflamatorias, hepatoprotectoras y anticancerígenas (García-Lucas *et al.*, 2017). Por otro lado, la planta de quinoa (*Chenopodium quinoa*), un cultivo tradicional de América del Sur. Se destaca por su contenido elevado de proteínas, su excelente combinación de aminoácidos esenciales, así como por sus compuestos bioactivos y propiedades funcionales. Otra característica de la quinoa es que es un grano sin gluten y de fácil digestión, lo que la convierte en una opción favorable para personas con intolerancia a la lactosa y enfermedad celíaca, ofreciendo beneficios significativos para estos grupos de alto riesgo (Vilcacundo & Hernández-Ledesma, 2017). Ante la necesidad de conservar las frutas y sus jugos con la menor alteración posible de sus propiedades, la fermentación láctica se presenta como una alternativa eficaz de bioconservación. Esta técnica, una de las más antiguas para extender la vida útil de los alimentos perecederos, ha demostrado su efectividad (Andreu & Coutado, 2022). Entre las bacterias ácido-lácticas utilizadas en la fermentación de alimentos se encuentra el *Lactobacillus plantarum*, una bacteria gram positiva y heterofermentativa que favorece el equilibrio microbiano y contribuye a la estabilidad de enzimas

digestivas. Algunas cepas seleccionadas de *L. plantarum* también se utilizan para desarrollar bebidas funcionales (Salmerón *et al.*, 2015). Con base en estos antecedentes, el objetivo de esta investigación fue desarrollar una bebida funcional fermentada con *Lactobacillus plantarum* utilizando jugo de pitaya (*Stenocereus stellatus*) y extracto acuoso de semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa*), y analizar su perfil microbiológico, contenido de betalainas, polifenoles solubles y capacidad antioxidante durante su almacenamiento.