



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Químicas

Licenciatura en Químico Farmacobiólogo

Departamento Bioquímica-Alimentos

Tesis:

**Incremento de los compuestos promotores de la salud en
cuñas de piña deshidratadas mediante procesos de
impregnación con betabel, probióticos e inulina.**

Para obtener el grado en licenciada en:

Químico Farmacobiólogo

Presenta:

p. Q.F.B. Margarita García Gómez

Director de tesis:

Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco

Codirector:

Dra. Paola Hernández Carranza

H. Puebla de Zaragoza a Octubre del 2025



OFICIO C.Q./CT 025P/2024

**C. Margarita García Gómez
PRESENTE**

Toda vez que se cuenta con la aprobación del Coordinador de la Licenciatura en Química Farmacobiólogo, le comunico que su anteproyecto de Tesis denominado:

" Incremento de los compuestos promotores de la salud en cuñas de piña deshidratadas mediante procesos de impregnación con betabel, probióticos e inulina "

ha sido autorizado, siendo:

**Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco, Director de Tesis
Dra. Paola Hernández Carranza, Co-Directora de Tesis**

Y con esta fecha se registra en los archivos de la Dirección de esta Facultad, para los fines legales que tenga lugar.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., 18 de abril de 2024

Dr. Jorge Raúl Cerna Cortez
Director Facultad de Ciencias Químicas



c.c.p. Archivo

Cadena digital: 1Aa*Sa/Ao%Sh+Pp.Ek"Xh/Wk\$Qt%Lq%Ik*Uk\$Ee/Ow,Tt/Pm*DI"Ru-Jo,Sf)Pm*Dt#Fm.FI'Mj/Kz.Mp"Di*Ne&Ta.WI"Xs,Dg#Sq!Mz-Mw.Zg°Oy-Oi+Sf#Nn%Ca&Qv'lo/Xr(Co,Fh%Od.Sy#Bb(Sv.Wh(Sp,Zu*Bg*Am'Eq+Kw%Jr.Qa.Qv"Jc)Qe(Q)Ma'Gi%Ah,Sd+Gg)Sn#Wt+Rg/Cy"Zf&Nl#Ub(Oo)No(Of#Vh)Ao)Xx'Wa,Qz%Fw*Ln(Sz(Po%Be\$Xh/Hg'Gp'

Facultad
de Ciencias
Químicas

San Claudio No. 1, Edificio FCQ-9
Ciudad Universitaria, Col. San Manuel
Puebla, Pue. C.P. 72540
01 (222) 229 5500 Ext. 7390



BUAP

"HUP, 50 años de enseñanza y salud"

Al Dr. JORGE RAÚL CERNA CORTEZ

DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS - BUAP

PRESENTE

Reciba un cordial saludo y al mismo tiempo, me permito informar que la Comisión Revisora de la Tesis, que presenta el estudiante de la Licenciatura en **QUÍMICO FARMACOBIOLOGO**, Margarita García Gómez (**matrícula:** 201838751), para obtener el Título de Licenciada en **QUÍMICO FARMACOBIOLOGO**, con el Director Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco y Co-Directora Dra. Paola Hernández Carranza.

El título del proyecto es:

“ Incremento de los compuestos promotores de la salud en cuñas de piña deshidratadas mediante procesos de impregnación con betabel, probióticos e inulina”.

Estará integrada por:

Presidente: Dra. Sandra Luz Cabrera Hilerio

Secretario: Dr. Raúl Ávila Sosa

Vocal: Dr. Irving Israel Ruiz López

Sin más por el momento quedo de Usted

H. Puebla de Z., a 2 de mayo de 2024

D.C. Verónica Liliana Ramírez Falcón
Coordinadora de la Licenciatura en QFB
FCQ-BUAP

Facultad de Ciencias Químicas | San Claudio No. 1, Edificio FCQ-9
Ciudad Universitaria, Col. San Manuel
Puebla, Pue. C.P. 72540
01 (222) 229 55 00 Ext. 7390



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS



OFICIO C.Q./CT 054 A/2025

Dr. Henoc Flores Segura
Director Facultad de Ciencias Químicas
Presente.


OFICIO DE REVISIÓN, LIBERACIÓN E IMPRESIÓN DE TESIS

Título de la Tesis:

“Incremento de los compuestos promotores de la salud en cuñas de piña deshidratadas mediante procesos de impregnación con betabel, probióticos e inulina”

Comisión Revisora:

Presidente: Dra. Sandra Luz Cabrera Hilerio

Firma: 

Secretario: Dr. Raúl Ávila Sosa

Firma: 

Vocal: Dr. Irving Israel Ruiz López

Firma: 

Los integrantes de la Comisión Revisora comunicamos que hemos leído y revisado el manuscrito de la tesis de licenciatura de **Químico Farmacobiólogo** que presenta la estudiante **Margarita García Gómez**, bajo la dirección del **Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco** y codirección de **Dra. Paola Hernández Carranza** por lo que estamos de acuerdo en que se proceda con la impresión definitiva de la tesis y que el estudiante presente su defensa y examen, con número de matrícula **201838751**.

Atentamente

Comisión revisora

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z., 27 de octubre de 2025



c.c.p. Archivo

Facultad de Ciencias Químicas
Av. San Claudio No. 1 Edificio FCQ 9
Ciudad Universitaria Col. San
Manuel (222)2295500 ext. 7390

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. ANTECEDENTES.....	11
2.1. Piña (<i>Ananas comosus</i>).....	11
2.1.1. Valor nutricional.....	11
2.1.2. Análisis fisicoquímicos.....	12
2.1.3. Compuestos fenólicos.....	14
2.2. Probióticos.....	15
2.2.1. Bacterias ácido-lácticas.....	16
2.2.1.1. Clasificación.....	16
2.2.1.2. Genero Lactobacillus.....	17
2.2.1.2.1. Lactobacillus acidophilus.....	17
2.3. Prebióticos.....	18
2.3.1. Inulina.....	19
2.4. Simbióticos.....	20
2.5. Betabel (<i>Beta vulgaris</i>).....	21
2.5.1. Composición nutrimental.....	22
2.5.2. Capacidad antioxidante.....	22
2.6. Tratamientos y métodos de conservación de los alimentos.....	23
2.6.1. Métodos térmicos por aplicación de calor.....	24
2.6.1.1. Pasteurización.....	24
2.6.1.2. Esterilización.....	25
2.6.2. Métodos por deshidratación.....	26
2.6.2.1. Deshidratación por flujo de aire caliente.....	26
2.7.1. Características alimento funcional.....	27
3. JUSTIFICACIÓN.....	29
4. OBJETIVOS.....	30
4.1. Objetivo general.....	30
4.2. Objetivos específicos.....	30
5. DIAGRAMA DE TRABAJO.....	31
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
6.1. Materiales utilizados.....	32
6.2. Equipos empleados.....	32
7. METODOLOGÍA.....	34
7.1. Análisis químico proximal del betabel en polvo.....	34
7.2. Análisis fisicoquímico del betabel en polvo.....	34
7.3. Caracterización de antioxidantes del betabel en polvo.....	34
7.3.1. Determinación de compuestos fenólicos.....	35
7.3.2. Determinación de la capacidad antioxidante.....	35
7.3.3. Determinación de betalainas totales.....	35
7.4. Deshidratación de piña fresca.....	36
7.5. Determinación de humedad piña fresca y piña deshidratada.....	36
7.6. Análisis fisicoquímico de la piña fresca y piña deshidratada.....	36

7.7.	Caracterización de antioxidantes de la piña fresca y piña deshidratada	36
7.8.	Reactivación de probióticos	37
7.9.	Elaboración de una bebida funcional	37
7.10.	Evaluación sensorial de un microorganismo	37
7.11.	Formulación de bebidas funcionales	37
7.12.	Determinación de humedad de cuñas de piña deshidratadas e impregnadas con compuestos promotores de la salud	38
7.13.	Análisis fisicoquímico de cuñas de piña deshidratada impregnadas con compuestos promotores de la salud	38
7.14.	Caracterización de antioxidantes	38
7.15.	Análisis microbiológico de cuñas de piña deshidratadas e impregnadas con compuestos promotores de la salud	38
7.16.	Evaluación sensorial	39
7.17.	Evaluación durante el almacenamiento	39
7.18.	Análisis estadístico	40
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
8.1.	Caracterización del polvo de betabel	41
8.2.	Caracterización de piña fresca	42
8.3.	Análisis fisicoquímicos del betabel en polvo	43
8.4.	Análisis fisicoquímicos de la piña fresca	44
8.5.	Selección del microorganismo a impregnar en cuñas de piña deshidratada	45
8.6.	Características fisicoquímicas durante el almacenamiento	46
8.7.	Evaluación sensorial de la piña impregnada durante 40 días	47
8.8.	Bacteria ácido-láctica	48
8.9.	Evaluación de antioxidante de cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento	49
9.	CONCLUSIONES	52
10.	RECOMENDACIONES	52
11.	REFERENCIAS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de remolacha.	11
Tabla 2. Composición nutricional de la piña.	12
Tabla 3. Clasificación taxonómica del cultivo de remolacha.	21
Tabla 4. Valor nutritivo de la remolacha roja por cada 100 g de parte comestible cruda.	22
Tabla 5. Tratamientos y métodos de conservación de los alimentos.	24
Tabla 6. Métodos y referencias por utilizar en esta investigación.	32
Tabla 7. Equipos a utilizar en esta investigación.	33
Tabla 8. Formulación de los sistemas a trabajar.	37
Tabla 9. Boleta para evaluación sensorial.	39
Tabla 10. Características proximales y antioxidantes de betabel en polvo y piña fresca.	42
Tabla 11. Características fisicoquímicas de betabel en polvo y piña fresca.	44
Tabla 12. Características fisicoquímicas durante el almacenamiento de cuñas de piña impregnadas con compuestos promotores de la salud. ^a	46
Tabla 13. Evaluación sensorial de cuñas de piña impregnadas con compuestos promotores de la salud después de 40 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Lactobacillus acidophilus</i> . Fuente: fengchen group co., ltd. (2009).	18
Figura 3. Deshidratación de piña fresca.	36
Figura 4. Cuña de piña deshidratadas e impregnadas con compuestos promotores de la salud después del secado.	40
Figura 5. Crecimiento de <i>L. rhamnosus</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>L. casei</i> en el sistema dos. ..	45
Figura 7. Compuestos fenólicos totales en cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento.	50
Figura 8. Capacidad antioxidante en cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento.	51
Figura 9. Betalainas en cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento.	51

RESUMEN

En los últimos años han surgido muchos alimentos funcionales, como alternativas para combatir diversas enfermedades o problemas que afectan a la población, buscando una manera de no ingerir medicamentos, si no, alimentos que puedan proporcionar los nutrientes que necesitan. Los antioxidantes y los probióticos son los principales compuestos de interés dentro de la industria alimentaria y farmacológica que se busca aportar o incrementar para prevenir el daño celular, mejorar la salud digestiva y fortalecer el sistema inmunológico. En este trabajo se incrementaron los compuestos promotores de la salud en cuñas de piña deshidratadas mediante procesos de impregnación con betabel, probióticos e inulina.

Se caracterizó betabel en polvo y piña fresca, se evaluaron parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos totales (CFT), y capacidad antioxidante (CA). Las cuñas de piñas se sometieron a un proceso de deshidratación durante 7 h a una temperatura de 80 °C, después se formularon 4 bebidas funcionales con diferentes concentraciones de: betabel en polvo, inulina y suero de leche, las cuales fueron pasteurizadas a una temperatura de 60-65 °C durante 30 min, se dejaron enfriar a temperatura ambiente, posteriormente se inoculó con la cepa *Lactobacillus acidophilus* al 1% y se fermentó a 37 °C durante 24 h a 50 rpm. Una vez transcurridas las 24h, las cuñas de piñas deshidratadas se impregnaron durante 1 min con una bebida funcional y finalmente se deshidrataron a una temperatura de 30 °C durante 1h. Se almacenaron durante 40 días y se evaluaron los CFT y CA.

En los resultados se observó que los CFT y CA del betabel (91.03 mg GAE/g y 91.60 mg Trolox/g) fueron mayores a los de la piña fresca (0.66 mg GAE/g y 1.38 mg Trolox/g). El sistema con betabel en polvo 1%, inulina 1% y suero de leche 2% mostró CFT más altos (16.20±0.27 mg GAE/g), mayor CA (28.40 ±0.25 mg Trolox/g) al inicio del almacenamiento y después de 40 días de almacenamiento.

1. INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus*) es una fruta no climatérica también conocida como ananá, originaria de América del Sur con gran relevancia a nivel mundial, siendo el segundo cultivo tropical de mayor importancia después del plátano. Sin embargo, su importancia no solo se debe a su producción, si no, a su gran valor nutricional, por su alto contenido de fibra dietética, minerales (potasio, calcio, magnesio) y vitamina C. Influye en la mejora de la función gastrointestinal, efectos antiinflamatorios, antifúngicos, antitumorales y prevención de riesgos de obesidad, enfermedades cardíacas y cáncer.

Los probióticos son microorganismos de gran interés en la industria alimentaria y en la farmacológica, por los grandes beneficios que pueden aportar usándose en productos como alimentos, medicamentos y suplementos alimenticios. Por esto en los últimos años han surgido muchos alimentos funcionales y cada vez son más las personas que se interesan en este tipo de alimentos, por los beneficios que pueden aportar a la salud del consumidor. Los microorganismos más utilizados como probióticos son las bacterias capaces de producir ácido láctico pertenecientes a los géneros de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* que se encuentran principalmente en los productos lácteos y sus derivados; lo que causa que un sector de la población mundial no pueda implementar probióticos en su dieta diaria. Un ejemplo de esto, son las personas veganas o vegetarianas correspondientes al 5% de la población mundial, que debido a sus creencias y al estilo de vida que llevan, no pueden consumir este tipo de alimentos.

Por su parte, la industria alimentaria ha buscado adicionar probióticos a otro tipo de alimentos como frutas y verduras que cuentan con un alto valor nutritivo y antioxidantes, sin embargo, algunos de estos se ven afectados durante el procesamiento. Los antioxidantes se clasifican como naturales o artificiales; de manera natural se encuentran en alimentos vegetales y ayudan a prevenir o retrasar daños a la célula causados por radicales libres. Uno de los 10 vegetales con mayor capacidad antioxidante es el betabel que cuenta con un alto contenido de pigmentos denominados betalainas que poseen una gran capacidad de donación de electrones y actividad antirradical. Además, se ha comprobado que estos ayudan al crecimiento y viabilidad de los probióticos, actuando

como nutrientes para la microbiota humana y además favorecen la multiplicación de los probióticos.

Por lo tanto, la finalidad de este proyecto es elaborar un alimento funcional a base de un fruto deshidratado, en este caso la piña, en las cuales se pretende incrementar los compuestos promotores de la salud, mediante un proceso de impregnación donde se adicionarán probióticos, prebióticos y antioxidantes.

2. ANTECEDENTES

2.1. Piña (*Ananas comosus*)

La piña es una planta herbácea y perenne de nombre científico *Ananas Comosus* también conocida como ananá que pertenece a la familia “*Bromeliaceae*” (Tabla 1), originaria de América del Sur, está formada por una roseta de hojas duras y lanceoladas organizadas alrededor de un tallo que establece el eje de la planta. En su prolongación crece un ápice en cuyo extremo nace la fruta terminada en una corona (UNCTAD, s.f.).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de piña.

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclase	<i>Zingiberidae</i>
Orden	<i>Bromeliales</i>
Familia	<i>Bromeliaceae</i>
Género	<i>Ananas</i>
Especie	<i>Ananas comosus.</i>

Fuente: Cronquist, 1981.

2.1.1. Valor nutricional

El principal componente de la piña es el agua que constituye el 86 % de su peso, mientras que el principal nutriente corresponde a los carbohidratos, con aproximadamente el 13 % (Tabla 2), además, cuenta con un bajo aporte de lípidos y proteínas (Hernández et al., 2021). La piña es una fuente importante de minerales (potasio, calcio, magnesio) y vitamina C, considerada como el principal antioxidante que contribuye a la protección de las células frente al daño oxidativo; posee un alto contenido de fibra dietética y un contenido bajo en sodio.

Tabla 2. Composición nutricional de la piña.

Nutrientes	Unidades	Valor por 100 g
Agua	g	86
Energía	Kcal	50
Proteína	g	0.54
Lípidos totales (grasas)	g	0.12
Carbohidratos	g	13.12
Fibra dietética total	g	1.4
Azúcares totales	g	9.85
Minerales		
Calcio, (Ca)	mg	13
Hierro, (Fe)	mg	0.29
Magnesio, (Mg)	mg	12
Fósforo, (P)	mg	8
Potasio, (K)	mg	109
Sodio, (Na)	mg	1
Zinc, (Zn)	mg	0.12
Vitaminas		
Vitamina C (Ácido ascórbico)	mg	47.8
Vitamina B1 (Tiamina)	mg	0.079
Vitamina B2 (Riboflavina)	mg	0.032
Vitamina B3 (Niacina)	mg	0.5
Vitamina B6	mg	0.112
Ácido fólico	mg	18
Vitamina A	IU	3
Vitamina E (Alfa-tocoferol)	mg	0.02
Vitamina K (Filoquinona)	ug	0.7
Lípidos		
Ácidos grasos saturados totales	g	0.009
Ácidos grasos monoinsaturados totales	g	0.013
Ácidos grasos poliinsaturados totales	g	0.04

Fuente: Hernández et al., 2021.

2.1.2. Análisis fisicoquímicos

La calidad de la piña está determinada por variables físicas y químicas. Entre las variables físicas tenemos: el tamaño del fruto, firmeza, peso, el color del epicarpio, así mismo entre las variables químicas se encuentran: la cantidad de sólidos solubles (° Brix), la acidez titulable (% ácido cítrico) y el pH (Cerrato, 2013).

a. Color

Uno de los atributos de calidad dentro de los mercados internacionales es el desarrollo de la pigmentación amarilla en la cáscara de los frutos de piña (Garita, 2014). Este proceso ocurre durante la maduración del fruto y a través de la degradación de la clorofila, cuando el cloroplasto se transforma en cromoplasto (Hassan y Othman, 2011).

Cuando la clorofila se ha degradado, se expresan otros pigmentos como carotenoides y antocianinas, que se enmascaraban por la acción de la clorofila (Symons et al., 2012). En este proceso, están involucradas enzimas como las clorofilasas, magnesio dequelatasas y una tercera conocida como feoforbido a oxigenasa (Wang et al., 2005).

Determinar la propiedad de índice de color es de gran importancia en la determinación de la calidad de los frutales (González, 1969). La utilización de modelos de color espectral facilita la especificación de los puntos evaluados de la piña en colores, ubicándose en un sistema de coordenadas tridimensional definido en un subespacio, cada color queda definido por un punto único (García et al., 2011). El índice de color describe la coloración de la epidermis de la fruta, permitiendo seguir la evolución de la maduración (Doporto, 2017) y para ello se determinan tres parámetros L^* (luminosidad), a^* (+ rojo, - verde) y b^* (+amarillo, - azul).

b. Potencial de hidrógeno (pH).

El potencial de hidrógeno (pH) expresa la concentración de iones hidrógeno de una solución determinado la acidez. Mediante una escala de acidez podemos determinar si una solución es ácida, básica o neutra. Si el valor de la solución es menor a 7 se dice que la solución es ácida, si es mayor a 7, es básico y si el valor corresponde a 7 es una solución neutra (Ruiz, 2011).

En las frutas, el pH indica la presencia de grupos acídicos, entre los cuales se incluyen ácidos orgánicos, fenoles y aminoácidos. Sin embargo, normalmente se

considera que los ácidos orgánicos son los que proporcionan la mayor parte de los iones hidrógeno (Hulme, 1989). El pH de la piña disminuye en el transcurso del ciclo de crecimiento, alcanzando valores de 3.7 a 3.9 al llegar a la maduración y se incrementan durante la senescencia (Hounhouigan et al., 2014).

c. Grados Brix.

Los grados Brix se utilizan para determinar la concentración de azúcares presentes en un producto como: vino, zumos o pulpas de fruta (Domene y Segura, 2014), mediante la determinación del contenido sólidos solubles totales. En el caso de los cítricos, conforme avanza la maduración, se incrementa el contenido de sólidos solubles totales y se reduce del contenido de ácidos produciendo así una fruta menos ácida y más dulce (Hervas, 2011). De acuerdo con la Norma CODEX ALIMENTARIUS 182-1993 para fruta fresca, el contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa de la piña debe ser, como mínimo 12°Brix.

d. Acidez titulable (AT).

La acidez titulable se expresa en términos del ácido orgánico predominante presente en la fruta, en el caso de la piña es el ácido cítrico. El contenido de acidez tiende a disminuir durante la maduración debido a la oxidación de carbohidratos, durante el proceso de respiración que posteriormente son transformados en ácidos orgánicos (Rosas, 2011). La acidez titulable de la piña posee valores entre 0.5 a 1.6 g ácido cítrico/100 g jugo de la fruta. Se determina titulando una muestra de jugo de piña con una solución de hidróxido de sodio.

2.1.3. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son un grupo variado de metabolitos secundarios que poseen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático, se encuentran presentes en plantas y frutos. Están relacionados a la calidad sensorial de los alimentos y actúan como

pigmentos, antioxidantes y proporcionan sabor (Martínez et al., 2000). En relación con la pigmentación de los alimentos se da mediante las antocianinas y las quinonas. Las primeras proporcionan color rojo, naranja, azul o púrpura en frutas y hortalizas; por su parte las quinonas producen un pardeamiento enzimático en las frutas que muchas veces es indeseado (Morante et al., 2013), pero es de vital importancia para la asegurar la calidad de las frutas durante el procesado. La proporción del sabor puede darse por los taninos condensados e hidrolizables que dan un sabor astringente, por ejemplo, en el vino y por las flavononas que brindan un sabor amargo en lo cítricos.

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos está relacionada con su capacidad para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y captar radicales libres, sin embargo, para que se considere como un antioxidante es necesario cumplir con dos condiciones básicas: la primera es respecto a una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidado, es decir que logre retrasar o prevenir la oxidación mediada por un radical libre y la segunda es que el radical formado tras el secuestro, sea estable y no pueda actuar en oxidaciones posteriores (Martínez et al., 2000).

En la piña, el contenido de compuestos fenólicos aumenta durante el proceso de maduración, podemos encontrar valores de 25 a 39 mg/100 g de peso fresco (dependiendo de la variedad) hasta 37-51 mg/100 g de peso fresco durante el almacenamiento a 10 °C (Montero et al., 2010).

2.2. Probióticos

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud en 2006 definen que los probióticos son microorganismos vivos que, administrados en cantidades adecuadas, ejercen un efecto beneficioso sobre la salud del consumidor; siendo así, las bacterias productoras de ácido láctico uno de los principales grupos de microorganismos utilizados como probióticos.

Los probióticos intervienen en el aparato digestivo y pueden llegar a influir en el microbiota intestinal presente principalmente en el intestino grueso. Por lo tanto, los probióticos deben ser microorganismos no patógenos y contar con diversas

características como: ser resistentes a la acidez estomacal, alcalinidad duodenal, contar con baja permeabilidad intestinal y ser capaces de colonizar el intestino, así como adherirse a la mucosa intestinal para evitar ser “barridos” por el tránsito intestinal y de esa manera permanecer en él, el mayor tiempo posible (Reyes y Rodríguez, 2011).

Al adicionar probióticos a los alimentos ayudan con la protección de la barrera mucosa-epitelial del intestino, el alivio de la intolerancia a la lactosa; la prevención y curación de diarreas víricas, bacterianas e inducidas por antibióticos o radioterapia; la inmunomodulación; los efectos antimutagénicos y anticancerígenos; e incluso la reducción del colesterol sanguíneo (Kishan, 2011).

2.2.1. Bacterias ácido-lácticas

Las bacterias ácido-lácticas (BAL), se definen como un grupo heterogéneo de microorganismos Gram positivos, ácido tolerantes que tienen similitudes morfológicas, metabólicas y fisiológicas, estrechamente relacionadas filogenéticamente (Drider y Arredondo, 2016). Las BAL poseen forma de cocos y/o bastoncitos, generalmente inmóviles y no esporulados, catalasa y oxidasa negativas, obtienen energía exclusivamente por fermentación de azúcares, produciendo ácido láctico como producto principal o único de su metabolismo, carecen de sistemas de transporte de electrones funcionales ligados al heme o de citocromos, y obtienen su energía por fosforilación a nivel del sustrato a la vez que oxidan carbohidratos; no tienen un ciclo de Krebs funcional. Todas estas bacterias son consideradas anaerobias aerotolerantes, y al contrario que las anaerobias estrictas, no son sensibles al oxígeno por lo que pueden crecer tanto en presencia como en ausencia de él (Madigan et al., 2004).

2.2.1.1. Clasificación

La clasificación de las BAL se basa principalmente en la morfología, el tipo de fermentación de glucosa, el crecimiento a diferentes temperaturas, la configuración del ácido láctico producido, capacidad de crecer a altas concentraciones de sal y la tolerancia ácida o alcalina (Rodríguez et al., 2016).

Las bacterias ácido-lácticas se subdividen en bacterias homo y hetero fermentativas dependiente de los productos de su metabolismo. Las homofermentativas durante el proceso de la fermentación de carbohidratos solo producen ácido láctico, mientras que las segundas pueden originar: dióxido de carbono, etanol o ácido acético (Kandler y Weiss, 1994). Los géneros básicos que comprenden las BAL son *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* y *Streptococcus*, aunque recientes revisiones taxonómicas han propuesto la inclusión de otros géneros, como *Aerococcus*, *Alloiococcus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococcus*, *Globicatella*, *Lactococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, y *Weissella*. *Lactobacillus*, *Carnobacteria* y alguna especie de *Weissella* son bacilos, mientras que el resto de los géneros son cocos (Rodríguez et al, 2016).

2.2.1.2. Genero Lactobacillus

Los *Lactobacillus* pertenece a la familia *Lactobacillaceae*, son bacilos Gram positivos no formadores de esporas, que constituyen una parte importante de la flora bacteriana humana normal y se encuentran habitualmente en la boca, el tracto gastrointestinal y el tracto genitourinario femenino. Desde el punto de vista microscópico, estas bacterias se presentan como bastoncillos finos, no móviles, de longitud variable y se pueden presentar como corineformes con una morfología curvada o tienden a crecer en cadenas. La mayoría de las especies de lactobacilos son anaerobios facultativos que crecen tanto en presencia como en ausencia de un medio anaerobio. Sólo un 20% de las especies aisladas en humanos son anaerobias obligadas. Las especies más comunes de lactobacilos aislados del tracto gastrointestinal son *Lactobacillus brevis*, *L. casei*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. fermentum* y *L. salivarius* (Slover y Danziger, 2008).

2.2.1.2.1. Lactobacillus acidophilus

Las bacterias del género *Lactobacillus* pertenecen al Reino Monera, Phylum Firmicutes, Clase Bacilli, Orden Lactobacillales, Familia Lactobacillaceae, Especie *Lactobacillus acidophilus*. Sus colonias son pequeñas de 2 a 5 mm de diámetro, con forma circular, convexa, blanquecina y brillante (Rodríguez, 2022). Las células son bastones de longitud

variable (ver Figura 1), rectas y se agrupan en pares o en cadenas cortas (Villarreal, 2002). Esta bacteria crece fácilmente, en medios mucho más ácidos que los ideales para otros microorganismos (pH 4 a 5 o menores), su temperatura óptima de crecimiento es de 45 °C (Prado, 2010).



Figura 1. *Lactobacillus acidophilus*. Fuente: Fengchen Group CO., LTD. (2009).

L. acidophilus habita en el tracto digestivo humano, la porción inferior del intestino delgado y en el intestino grueso. Posee la capacidad de metabolizar gran cantidad de azúcares para producir principalmente ácido láctico entre otras sustancias. Además, son resistentes a los jugos gástricos y a la digestión biliar, así como su capacidad de colonizar el colón humano. En su membrana presenta un factor de adhesión que permite la interacción con los enterocitos (Rodríguez, 2022).

2.3. Prebióticos

Los prebióticos son ingredientes alimentarios no digeribles por el organismo con efectos beneficiosos por su capacidad de estimular el crecimiento o la actividad de una bacteria o un número limitado de bacterias en el colón, y de este modo mejorar la salud del anfitrión (Martí et al., 2003).

Los prebióticos generalmente son hidratos de carbono de cadena corta, que pueden ser fermentados a lo largo del tracto gastrointestinal y estimular el crecimiento de bifidobacterias u otras bacterias potencialmente beneficiosas (Guarner et al, 2010). Por lo que, estos sustratos deben ser capaces de atravesar el estómago y la porción superior del intestino delgado sin ser hidrolizados, ni absorbidos. Deben llegar intactos al colón para que los lactobacilos, las eubacterias y las bifidobacterias puedan fermentarlos

(Biesalski y Grimm, 2007). Se consideran prebióticos: a las fibras, galactooligosacáridos (GOS), fructooligosacáridos (FOS), lactulosa, lactitol e inulina (Aranceta, 2009).

Los prebióticos desempeñan un papel importante en el mantenimiento y el desarrollo del microbiota intestinal, la cual facilita diversos mecanismos de defensa del individuo. Su inclusión en la ingesta puede prevenir o evitar la traslocación bacteriana. La traslocación bacteriana se define como el paso de gérmenes de origen gastrointestinal hacia tejidos normalmente estériles, como los ganglios mesentéricos, el hígado, el bazo y el pulmón. Este movimiento de las bacterias fuera de su lugar habitual puede comprometer seriamente el sistema inmunitario del individuo. Además, diversos estudios científicos han demostrado un incremento de la disponibilidad de calcio, magnesio, hierro y zinc con la ingesta de alimentos que contienen prebióticos. Estos efectos parecen ser resultado del tipo de hidrato de carbono, el grado de fermentación provocado por el microbiota intestinal y de la dosis ingerida. Así mismo, pueden poseer un efecto beneficioso sobre el metabolismo de los lípidos y sobre el tránsito intestinal, lo que explica su potencial uso en el control de niveles de insulina y triglicéridos, y en la prevención de la osteoporosis, al mejorar la biodisponibilidad del calcio. Se ha sugerido que pueden tener un papel protector frente al cáncer al favorecer un microambiente menos tóxico en el colon (Guarner et al., 2010).

2.3.1. Inulina

La inulina es el nombre con el que se designa a una familia de glúcidos complejos (oligosacáridos), compuestos de cadenas moleculares de fructosa, de fórmula general $C_{6n}H_{10n+2}O_{5n+1}$. Es, por lo tanto, un fructosano o polímero formado por moléculas de glucosa, que es sintetizado a partir de la sacarosa, es decir, un compuesto formado por una mezcla de oligómeros y polímeros de unidades de fructosa presenta la particularidad de ser muy heterogénea en su grado de polimerización, consiste en una cadena lineal de enlaces β (2-1) fructosil-fructosa (Lara-Fiallos et al., 2017). Los fructanos debido a configuración química no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas del hombre y de animales, por lo que permanecen intactos hasta llegar a la parte inferior del tracto

gastrointestinal donde son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias (Madrigal y Sangronis, 2007).

Dentro de las propiedades funcionales que presenta la inulina, la más estudiada es su comportamiento prebiótico, definido por su capacidad selectiva de estimular el crecimiento de bifidobacterias y reprimir las que pueden ser perjudiciales (Botero et al., 2010). Además de lo anterior, la inulina exhibe otras propiedades beneficiosas a la salud, que incluyen: el refuerzo de las funciones inmunológicas (ante cáncer o tumores), el aumento de la biodisponibilidad de minerales (calcio y magnesio), la protección contra infecciones, desordenes intestinales, la mejora del metabolismo de las grasas y de la respuesta glicémica (Stephen et al., 2006). En la industria alimentaria la inulina se usa como prebiótico con bajo aporte calórico y sin sabor para aportar cuerpo, textura, consistencia, viscosidad y humedad. Se ha utilizado para reemplazar la grasa en diferentes productos debido a que brinda una sensación en la boca similar; así como, para añadir fibra a productos alimenticios (Balcázar et al., 2003).

2.4. Simbióticos

Roberfroid (1998) define a los simbióticos como una mezcla de prebióticos y probióticos que forman un solo producto, el cual ejerce un efecto beneficioso sobre el hospedero mejorando su supervivencia y promoviendo la implantación de microorganismos viables en su tracto gastrointestinal.

Los simbióticos se pueden clasificar como simbióticos complementarios o sinérgicos. Los primeros, son aquellos donde cada componente se elige independientemente por su efecto potencial sobre la salud del huésped. Mientras que los simbióticos sinérgicos el componente prebiótico se elige para apoyar la actividad del probiótico elegido (Vanilssen, 2020). Por lo tanto, es importante considerar la elección de prebióticos y las cepas de probióticos para asegurar que el prebiótico pueda estimular eficazmente el crecimiento y la estabilidad del probiótico bacteriano concreto. Algunas mezclas simbióticas que se usan de manera común incluyen (Simpson, 2022):

- Bacterias del género *Lactobacillus* + inulina.

- Bacterias de los géneros *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Bifidobacterium* + fructooligosacáridos (FOS).
- Bacterias de los géneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* y *Enterococcus* + FOS.
- Bacterias de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* + oligofruktosa.
- Bacterias de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* + inulina.

2.5. Betabel (*Beta vulgaris*)

El betabel es conocido de diferentes maneras, algunas de ellas son: betarraga, betarata, betereva y remolacha. Pertenece a la especie *Beta vulgaris* (Tabla 3), de la familia de las Quenopodiáceas, es considerado como una hortaliza de raíz, aunque en realidad se trata de un “tallo engrosado bulboso”, y constituye un órgano de almacenamiento, principalmente de azúcares y almidones (Pitalúa, 2007.) El sistema de raíces es muy profundo y ramificado; el tallo floral puede alcanzar una altura de 1 a 1.3 m; presenta flores hermafroditas, con estambres y pistilos pudiendo aparecer solas o en grupos (panícula) apretados de dos o tres; las hojas son de color verde intenso y los pecíolos son de color rojo o púrpura (López et al., 2014).

Tabla 3. Clasificación taxonómica del cultivo de remolacha.

Reino	Plantae
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
Súper división	<i>Spermatophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Caryophyllidae</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Chenopodiaceae</i>
Género	<i>Beta L.</i>
Especie	<i>Beta vulgaris L.</i>

Fuente: Alvarado et al., 2011.

2.5.1. Composición nutrimental

El betabel posee un amplio valor nutricional, en forma general está compuesta por 65.7% de agua; 4% a 8% de carbohidratos, 1.6% de proteínas, 0.1% a 0.4% de grasas, 1% de fibra soluble, compuestos bioactivos (polifenoles, antocianinas, antioxidantes) y sales de nitrato. El mineral más destacado de la remolacha es el potasio con 325 mg/100 g, seguido del fósforo 40 mg/100 g, magnesio 23 mg/100g y calcio 16 mg/100 g (Tabla 4). Además, el betabel cuenta con un alto contenido de vitamina B y C.

Tabla 4. Valor nutritivo de la remolacha roja por cada 100 g de parte comestible cruda.

Componente	Valor
Proteínas	1.61 g
H. de c.	6.76 g
Fibra	2.80 g
Vitamina A	4.00 ug
Vitamina B1	0.031 mg
Vitamina B2	0.0040 mg
Niacina	0.651 mg
Vitamina B6	0.067 mg
Folatos	109 ug
Vitamina B12	-
Vitamina C	4.90 mg
Vitamina E	0.300 mg
Calcio	16.0 mg
Fósforo	40.0 mg
Magnesio	23.0 mg
Hierro	0.800 mg
Potasio	325 mg
Zinc	0.350 mg
Grasa total	0.170 g
Grasa saturada	0.027 g
Colesterol	-
Sodio	78.0 mg

Fuente: Pamplona, 2006.

2.5.2. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante es la actividad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, de tal manera que un antioxidante actúa protegiendo al organismo de la acción

de los radicales libres, causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades (Gutiérrez et al., 2007).

El betabel cuenta con pigmentos que pertenecen al grupo de los antioxidantes, los cuales, le brindan el color característico que posee y esto se debe a que en su composición existe un grupo de compuestos nitrogenados conocidos como betalainas que se encuentran almacenadas en las vacuolas y son categorizadas en betacianinas y betaxantinas. La betacianinas le confieren el color rojo-violeta característico y se encuentran presentes de un 75 a 95% (Kanner et al., 2001), por su parte, las betaxantinas se encuentran presentes en el betabel en una proporción menor y son de color amarillo-naranja (Stíntzing et al., 2005). La alta actividad antioxidante de la betalainas se deriva de la gran capacidad que posee para donar electrones y desactivar radicales altamente reactivos dirigidos a las membranas celulares (Kanner et al., 2001). Además, proporcionan actividad anti mutagénica, antiinflamatoria y poseen la capacidad de prevenir enfermedades tales como: cáncer, aterosclerosis, osteoporosis, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas; entre otras (Rojas et al., 2015). Por lo anterior, el betabel se ha reconocido por su poder antioxidante (Sawickiet et al., 2016) que fluctúa entre $8.37 \% \pm 0.29$ a $21.83 \% \pm 0.35$ AOAC (% de inhibición) (Hayet et al., 2014).

2.6. Tratamientos y métodos de conservación de los alimentos

La necesidad de disponer de los alimentos en condiciones adecuadas de consumo durante más tiempo llevó a nuestros antepasados a conservar alimentos (Vidal et al., 1999). La conservación de los alimentos es importante para poder proveer alimentos de buena calidad a la población manteniendo las características nutritivas y sensoriales mediante diferentes métodos que permiten alargar la vida útil y mantenerlos libres de contaminación.

En general los métodos de conservación se dividen en dos grandes grupos: físicos y químicos (Tabla 5). Sin embargo, en algunos casos es difícil establecer una clasificación estricta, ya que el efecto conservante finalmente obtenido es el resultado de la aplicación de técnicas de tipo mixto (Vidal et al., 1999).

Tabla 5. Tratamientos y métodos de conservación de los alimentos.

Método	Tratamiento	Clasificación	
		Frío	Refrigeración
	Térmicos	Calor	Congelación Pasteurización Esterilización
Físicos	Deshidratación Irradiaciones Altas presiones Campos eléctricos		
	Atmósferas protectoras	Atmósferas modificadas Atmósferas controladas Envasado al vacío Almacenamiento	
Químicos	Hipobárico Salazón Adición de azúcar Curado Acidificación		

Fuente: Vidal et al., 1999.

2.6.1. Métodos térmicos por aplicación de calor

Los métodos térmicos son aquellos que aplican calor a los alimentos, constituyendo uno de los procedimientos más empleados hoy en día para la conservación (Montero y Cerdas, 2005). Con este método se busca la destrucción de microorganismos, la inactivación de enzimas y reducir también lo más posible los efectos negativos, como son la destrucción de nutrientes termolábiles y la aceleración de reacciones químicas. Ello se consigue optimizando el proceso, es decir, ajustando la relación temperatura y tiempo de aplicación para evitar los efectos indeseables sobre el alimento, pero garantizando las condiciones higiénico-sanitarias (Vidal et al., 1999).

2.6.1.1. Pasteurización

Los alimentos pasteurizados presentan características sensoriales y nutritivos de mayor calidad que los esterilizados, sin embargo, su durabilidad es menor y suelen requerir la

aplicación de otros métodos de conservación como lo es la refrigeración hasta su consumo (Montero y Cerdas, 2005).

Existen tres tipos de pasteurización según los alimentos a tratar, los cuales operan a diferentes relaciones de temperatura-tiempo (Aguilera, 2015):

- Pasteurización rápida o HTST (high temperature, short time): consiste en aplicar temperaturas elevadas, entre 72 °C y 85 °C, durante tiempos muy cortos (15-20 s). Se utiliza para alimentos líquidos a granel, como la leche, cerveza, zumos de frutas, productos lácteos, vinos, etc.
- Pasteurización lenta o LTH (low temperature holding): Se emplean bajas temperaturas (62-68 °C), durante tiempos largos, aproximadamente 30 min. Este tipo de pasteurización se emplea para alimentos líquidos o sólidos envasados, como cervezas o zumos de frutas.
- Ultra pasteurización UHT (Ultra high temperature): es utilizado para preservar productos alimenticios líquidos que presentan niveles bajos de acidez que son sometidos a altas temperaturas (superiores a los 100 °C) durante periodos de tiempo cortos (0.5-1 s), eliminando todos los microorganismos presentes en el alimento (BCIE, 1990).

2.6.1.2. Esterilización

La esterilización es el tratamiento térmico más efectivo para aumentar la vida útil de los alimentos, siendo esta superior a los 6 meses. Elimina e inactiva microorganismos como: bacterias, hongos y levaduras presentes que puedan representar peligro para la salud o deteriorar el alimento bajo condiciones normales de manejo (Murray et al., 2007). La esterilización se lleva a cabo aplicando temperaturas mayores a 120 °C durante un tiempo aproximado de 15-30 m o mediante relaciones de temperatura y tiempo equivalentes (Gil, 2010), es decir, entre más altas sean las temperaturas menores serán los tiempos requeridos para el proceso (Aguilera, 2015). Sin embargo, la esterilización puede afectar negativamente las propiedades físicas y el valor nutritivo, en particular a las vitaminas termolábiles, características sensoriales y valor biológico de las proteínas (Gil, 2010).

2.6.2. Métodos por deshidratación

La deshidratación es uno de los métodos más antiguos e importantes que se aplican para la conservación de alimentos altamente perecederos, especialmente frutas y hortalizas, cuyo contenido de agua es típicamente superior al 90%. Consiste en reducir el contenido de agua del alimento mediante la evaporación por acción de una corriente de aire caliente, lo que reduce la actividad de agua, inhibiendo el crecimiento microbiano y la actividad enzimática, que permite mantener el producto por más tiempo, reduciendo el costo del transporte al reducir el peso y volumen, facilitando así su transporte y almacenamiento (Monsalve y Manchado, 2007).

2.6.2.1. Deshidratación por flujo de aire caliente

La deshidratación por flujo de aire caliente es una técnica donde se lleva a cabo un proceso de transferencia de calor por convección y un contacto directo del alimento con el aire caliente para reducir el contenido de agua mediante la evaporación para favorecer la vida útil del producto y la eliminación de algunas bacterias termorresistentes. La deshidratación de frutas y verduras mediante el empleo de aire caliente a altas temperaturas puede afectar sus propiedades sensoriales y su valor nutricional. Por lo tanto, para que este proceso se realice de una manera eficiente, se requieren ciertas condiciones básicas durante el proceso como: temperatura, humedad relativa ambiental, velocidad del flujo de aire, tamaño y forma del producto (Landwehr, 1999).

La temperatura establece un criterio básico para la deshidratación de frutas, por lo tanto, para este método se recomienda utilizar temperaturas entre (40-80 °C) con velocidades de aire de 2.0 ± 0.2 m/s (García et al., 2013). El incremento de la temperatura aumenta la difusividad del agua dentro del producto, acelerando el proceso; sin embargo, las altas temperaturas pueden causar cambios en el sabor, color, olor, contenido de nutrientes, densidad, capacidad de absorción de agua y concentración de solutos (Maskan, 2001).

Para la humedad relativa y el tipo de producto, se presenta una relación directamente proporcional. Con respecto a la humedad entre más seco el aire tiene mayor poder de absorber y retener humedad, mientras que un aire húmedo se satura más rápidamente

y pierde su poder de absorción de humedad; por otro lado, de acuerdo con el tipo de producto entre mayor contenido de agua mayor será el tiempo de deshidratación, por lo tanto, las frutas y verduras se someten a una reducción de tamaño, buscando tener un mayor contacto con el medio deshidratante y así acelerar el proceso de deshidratación. El tamaño ideal para la mayoría de los productos es de 1cm de lado por 3 a 5 cm de longitud (Neira, 1996).

2.7. Alimento funcional

El término alimento funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos de uso específico de salud". En este concepto se encuentran diferentes definiciones para alimento funcional.

El Instituto Internacional de Ciencias de la Vida en Europa (ILSI-Europe) define que: "Un alimento puede considerarse funcional si ha demostrado satisfactoriamente que afecta de manera beneficiosa a una o más funciones del organismo, más allá de sus efectos nutricionales, de manera que es relevante tanto para mejorar el estado de salud y bienestar como para reducir alguno de los factores de riesgo de enfermedades" (Aranceta et al., 2011).

Por otra parte, el IFIC (Consejo Internacional de Información sobre Alimentos) define como alimento funcional a: "todo aquel alimento semejante en apariencia física al alimento convencional, consumido como parte de la dieta diaria, pero capaz de producir demostrados efectos metabólicos o fisiológicos, útiles en el mantenimiento de una buena salud física y mental, en la reducción del riesgo de enfermedades crónico degenerativas, además de sus funciones nutricionales básicas" (Serrano et al., 2005).

En general, se considera como tal a todo alimento que, además de su valor nutritivo, contiene componentes biológicamente activos que aportan algún efecto añadido y beneficioso para la salud y reducen el riesgo de contraer ciertas enfermedades.

2.7.1. Características alimento funcional

Las características de un alimento funcional son las siguientes:

- Deben presentarse en forma de alimentos de consumo cotidiano.
- Su consumo no produce efectos nocivos.
- Cuenta con propiedades nutritivas y beneficiosas para el organismo.
- Disminuye y/o previene el riesgo de contraer enfermedades, además de mejorar el estado de salud del individuo.
- Deben poder demostrar sus efectos beneficiosos dentro de las cantidades que normalmente se consumen en la dieta (Beltrán, 2016).

3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años han surgido muchos alimentos funcionales y cada vez son más las personas que se interesan en este tipo de alimentos por los beneficios que pueden aportar a la salud del consumidor, pues se ha observado un cambio en la alimentación buscando un estilo de vida más saludable, menos empaquetados y con mayor aporte de nutrientes.

Los probióticos son microorganismos presentes principalmente en los productos lácteos y sus derivados, lo que causa que un sector de la población mundial no pueda consumirlos como es el caso de los veganos o vegetarianos que debido a sus creencias y al estilo de vida que llevan no pueden consumir este tipo de alimentos. Debido a esto el gran interés en la industria alimentaria por adicionar probióticos a diversos alimentos como frutas y verduras que cuentan con un alto valor nutritivo, como lo son los antioxidantes que ayudan principalmente a prevenir o retrasar daños a la célula causados por radicales libres y además se ha comprobado que estos ayudan a perdurar a los probióticos que normalmente son agregados en este tipo de alimentos para favorecer la multiplicación de estos microorganismos. Por lo tanto, la finalidad de este proyecto es elaborar un alimento funcional a base de un fruto deshidratado, en este caso la piña que mediante un proceso de impregnación se adicionará con probióticos, prebióticos y antioxidantes.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Incrementar los compuestos promotores de la salud en cuñas de piña deshidratadas mediante procesos de impregnación con betabel, probióticos e inulina.

4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar polvo de betabel, piña fresca y piña deshidratada mediante su determinación de análisis químico proximal, fisicoquímica y capacidad antioxidante.
- Evaluar el crecimiento de probióticos (*L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. casei*) en una bebida funcional para seleccionar el microorganismo con una mayor aceptación sensorial.
- Formular diferentes bebidas funcionales (a base de suero, betabel e inulina) e impregnar cuñas de piña deshidratada.
- Evaluar el efecto de la impregnación en cuñas de piña deshidratada, sobrevivencia de la BAL, capacidad antioxidante y fisicoquímica durante el almacenamiento a temperatura ambiente y evaluar el grado de aceptación sensorial.

5. DIAGRAMA DE TRABAJO

En la Figura 2 se observa el diagrama de trabajo y describe a detalle la metodología que se llevó a cabo en este proyecto.

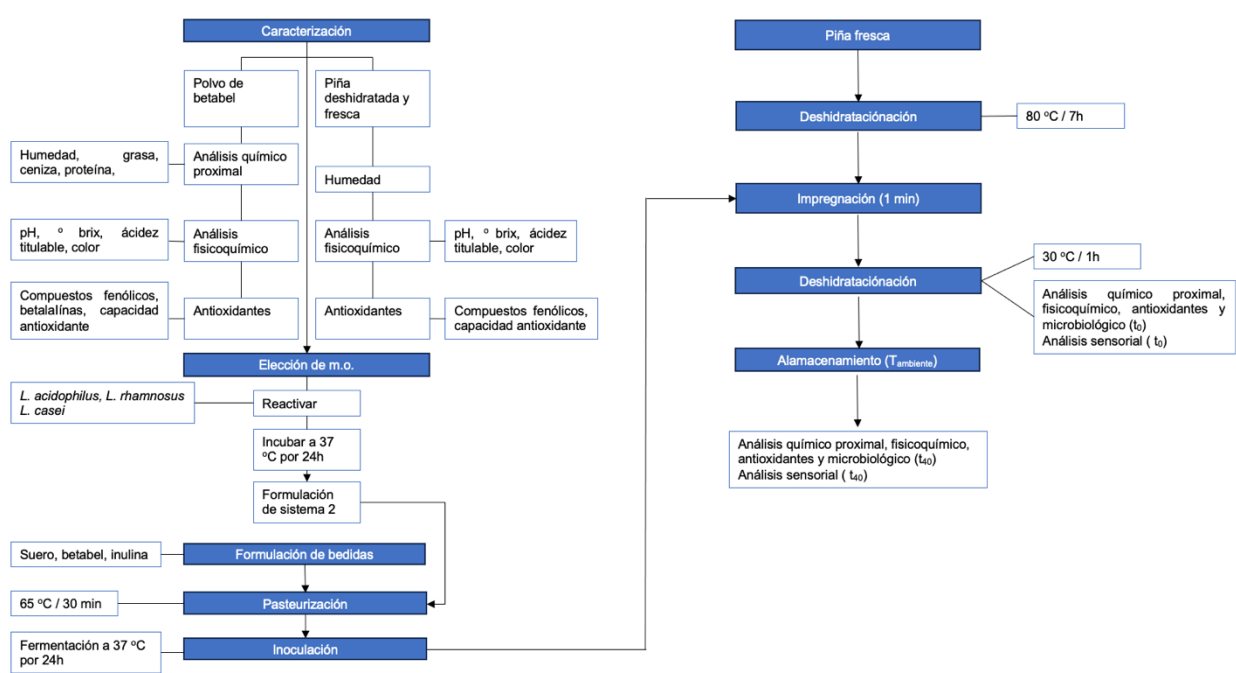


Figura 2. Esquema de trabajo para la elaboración de cuñas de piña deshidratadas e impregnadas de compuestos promotores de la salud.

6. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1. Materiales utilizados

En la Tabla 6 se reportan los materiales utilizados para el desarrollo de esta investigación de tesis.

- Material de vidrio: El necesario para cada determinación.
- Material biológico: Piña (*Ananas comosus* L.), betabel (*Beta vulgaris* L.), suero de leche, inulina y cepas (*L. rhamnosus*, *L. acidophilus* y *L. casei*).
- Reactivos: Los necesarios para cada determinación grado analítico o grado alimenticio.

Tabla 6. Métodos y referencias por utilizar en esta investigación.

Determinación	Técnica	Referencia
Humedad	Secado en estufa	Nielsen, 2003
Ceniza	Calcinación en mufla	Herrera y Sisalima, 2013
Grasa	Método de Soxhlet	James, 1999
Proteína	Método de Kjeldahl	Herrera y Sisalima, 2013
Grados Brix	Refractometría	NMX-F-103-NORMEX-2009
Color	Colorimetría	Rodríguez et al., 2020
pH	Potenciometría	NMX-F-102-NORMEX-2010
Acidez titulable	Volumetría	
Compuestos fenólicos	Método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu	Aparicio-Fernández et al., 2018
Capacidad antioxidante	DPPH	
Betalaínas	Espectrofotometría	Castellanos y Yahia, 2008
Bacterias ácido-lácticas (BAL)	Vertido en placa	NOM-092-SSA1-1994

6.2. Equipos empleados

En la Tabla 7 se enlistan los equipos que se utilizaron para la realización de esta investigación.

Tabla 7. Equipos a utilizar en esta investigación.

Equipo	Marca	Modelo
Autoclave	CISA	AS-25
Balanza analítica	Ohaus – Serie Pioneer	PA 224C
Colorímetro	PCR	TCR 200
Contador de colonias	SOL-BAT	Q-20
Incubadora orbital	Prendo	INO-650
Medidor de pH portátil	Conductronic	PH10
Parrilla digital	Fisher Scientific	Isotemp
Refractómetro	HANNA instruments	Hi 96801
Refrigerador	MABE	RMT510
Deshidratador	Excaalibur	3526TCDB

7. METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología a seguir de acuerdo con el esquema de trabajo presentado anteriormente (ver Figura 2).

7.1. Análisis químico proximal del betabel en polvo

Se trabajó con betabel en polvo, al cual, se le realizaron las determinaciones que se describen a continuación. La humedad se determinó por el método de secado en estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 3h, posteriormente se registraron los datos obtenidos y se realizaron los cálculos correspondientes. Las cenizas se determinaron por calcinación en mufla a 550°C durante 4h. El contenido de grasa se determinó mediante el método de Soxhlet donde el disolvente utilizado fue éter de petróleo. La determinación de proteína se llevó a cabo mediante el método de Kjeldahl. Los carbohidratos se determinaron por diferencia de 100 respecto a los componentes determinandos (humedad, ceniza, proteína y grasa).

7.2. Análisis fisicoquímico del betabel en polvo

El color se midió con ayuda de una caja Petri llenada al tope con polvo de betabel para posteriormente hacer la determinación. Después se elaboró un extracto acuoso de 1h con agitación constante, al cual se le realizó la determinación de pH por potenciometría, °Brix por refractometría y acidez titulable por titulación con NaOH al 0.1 N. El Hue y Chroma se calcularon de la siguiente manera:

$$\text{Hue} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Donde a^* y b^* son los parámetros de color.

7.3. Caracterización de antioxidantes del betabel en polvo

La caracterización de antioxidantes del betabel en polvo se realizó mediante técnicas espectrofotométricas aplicando la metodología descrita por Aparicio-Fernández et al.

(2018) para la determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Mientras que la metodología descrita por Castellanos Santiago et al. (2018) se utilizó para la determinación de betalainas. Se preparó un extracto acuoso con 1% de betabel en polvo para llevar a cabo las determinaciones correspondientes.

7.3.1. Determinación de compuestos fenólicos

Se tomó una alícuota del extracto y se colocó en un tubo de ensayo cubierto, posteriormente se agregó 1 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (0.1N), se mezcló y se dejó reposar durante 3 min a temperatura ambiente. Posteriormente, se añadió 1 mL de Na_2CO_3 (0.5%), se mezcló nuevamente y se dejó reposar durante 30 min a temperatura ambiente, una vez transcurrido el tiempo, se realizó la lectura a una longitud de onda de 765 nm utilizando un espectrofotómetro UV-visible y el contenido de compuestos fenólicos se expresó como mg equivalentes de ácido gálico EGA/100 g.

7.3.2. Determinación de la capacidad antioxidante

Se tomó una alícuota del extracto y se colocó en un tubo de ensayo cubierto, posteriormente se agregó 1 mL de reactivo DPPH al 0.004%, se mezcló y se dejó reposar durante 30 min a temperatura ambiente, una vez transcurrido el tiempo se realizó la lectura a una longitud de onda de 517 nm utilizando un espectrofotómetro UV-visible. Los resultados se expresaron como mg Trolox/100g.

7.3.3. Determinación de betalainas totales

Se tomó una alícuota del extracto y se adicionó Buffer McIlvaine, después se centrifugó a 4000 rpm durante 10 min. Para la cuantificación de las betalainas, se midió la absorbancia para betacianina (535 nm) y betaxantinas (483nm) utilizando un espectrofotómetro UV-visible. Las lecturas de los compuestos debían encontrarse en un rango correspondiente a 0.9 y 1.1 mg betalainas/100g.

7.4. Deshidratación de piña fresca

Se tomaron cuñas de piña de 2 cm de ancho por 1 cm de grosor las cuales se deshidrataron en el deshidratador Excalibur modelo:3526TCDB durante 7h a una temperatura de 80 °C.

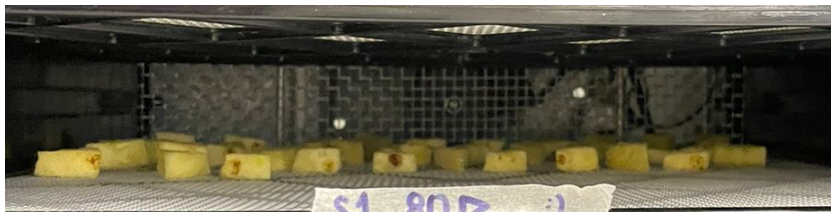


Figura 3. Deshidratación de piña fresca.

7.5. Determinación de humedad piña fresca y piña deshidratada

Se determinó la humedad de la piña fresca y deshidratada por el método de secado en estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 3h.

7.6. Análisis fisicoquímico de la piña fresca y piña deshidratada

El color se midió de manera directa tanto en la piña fresca como deshidratada. Posteriormente se elaboró un extracto acuoso de 1h con agitación constante, al cual se le realizó la determinación de pH por potenciometría, ° Brix por refractometría, la acidez titulable por titulación con NaOH al 0.1 N. El Hue y Chroma se calcularon de la siguiente manera:

$$\text{Hue} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Donde a^* y b^* son los parámetros de color.

7.7. Caracterización de antioxidantes de la piña fresca y piña deshidratada

La caracterización de antioxidantes de la piña fresca y piña deshidratada se realizó siguiendo la metodología en el apartado 7.3.1 y 7.3.2.

7.8. Reactivación de probióticos

Para la reactivación de los microorganismos probióticos se preparó de caldo MRS, el cual se esterilizó a 121°C durante 15 min. Una vez transcurrido el tiempo, se dejó enfriar y se procedió a inocular cada tubo con su cepa correspondiente: *L. acidophilus*, *L. rhamnosus* y *L. casei* al 1%. Se incubó a 37°C por 24 h.

7.9. Elaboración de una bebida funcional

Se formuló la bebida una bebida con agua, suero de leche (2%), betabel (1%) e inulina (1%), y se inoculó con cada uno de los microorganismos reactivados, posteriormente, se impregnaron las cuñas de piñas deshidratadas durante un 1 min y se llevaron al deshidratador por 1h.

7.10. Evaluación sensorial de un microorganismo

Se realizó una prueba donde se evaluaron los parámetros de: color, olor, sabor y aceptación general a 50 personas. Se evaluaron 7 niveles de aceptación desde “me gusta mucho” a “no me gusta nada” para determinar el microorganismo de mayor aceptación y trabajar con él.

7.11. Formulación de bebidas funcionales

La Tabla 8 muestra las diferentes formulaciones que se elaboraron. Se prepararon 100 mL de cada bebida y se identificaron de acuerdo con el número de sistema correspondiente. Las bebidas se pasteurizaron a una temperatura entre 60-65°C durante 30 min, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se inocularon con la cepa *L. acidophilus* al 1%. Se llevó a cabo el proceso de fermentación del microorganismo de los sistemas en una incubadora a 37°C durante 24 h a 50 rpm. Una vez transcurridas las 24h, las bebidas se utilizaron para llevar a cabo la impregnación de cuñas de piñas deshidratadas.

Tabla 8. Formulación de los sistemas a trabajar.

Sistema	Suero de leche 2%	Betabel 1%	Inulina 1%	Agua (ml)
---------	-------------------	------------	------------	-----------

1				100 ml
2	X	X	X	94 ml
3	X		X	97 ml
4	X	X		97 ml
5	X			98ml

7.12. Determinación de humedad de cuñas de piña deshidratadas e impregnadas con compuestos promotores de la salud

Se trabajó con cuñas de piña que fueron deshidratadas durante 7h en el deshidratador, posteriormente, se impregnaron con bebidas funcionales durante 1 min y se llevaron nuevamente al deshidratador durante 1h más. Una vez obtenidas las muestras se colocaron 2 cuñas de piña en charolas de aluminio y se llevaron a la estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 3h.

7.13. Análisis fisicoquímico de cuñas de piña deshidratada impregnadas con compuestos promotores de la salud

El color se midió de manera directa en las cuñas de piña deshidratadas e impregnadas con compuestos promotores de la salud. Posteriormente, se elaboró un extracto de 1h con agitación constante, al cual se le realizó la determinación de pH por potenciometría, °Brix por refractometría, la acidez titulable por titulación con NaOH al 0.1 N.

7.14. Caracterización de antioxidantes

Se llevó a cabo la determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de piña deshidratada siguiendo la metodología descrita en el apartado 7.3.1 y 7.3.2.

7.15. Análisis microbiológico de cuñas de piña deshidratadas e impregnadas con compuestos promotores de la salud

Se determinó la población de bacterias ácido-lácticas en cuñas de piña deshidratadas e impregnadas con una bebida a base de betabel, suero de leche e inulina. Este análisis

fue por el método de vertido en placa, en agar MRS, se incubaron a 37°C durante 24 h en condiciones de anaerobiosis. Posteriormente, se realizó el conteo de colonias expresadas como UFC/mL

7.16. Evaluación sensorial

En la Tabla 9 se puede observar la boleta utilizada para realizar la evaluación sensorial donde se evaluaron los parámetros de: color, olor, sabor y aceptación general a 40 personas. Se evaluaron 7 niveles de aceptación desde “me gusta mucho” a “no me gusta nada”.

Tabla 9. Boleta para evaluación sensorial.

Escala	Olor					Sabor					Color					Aceptación general				
	00	10	20	30	40	00	10	20	30	40	00	10	20	30	40	00	10	20	30	40
Me gusta extremadamente																				
Me gusta mucho																				
Me gusta poco																				
Ni me gusta ni me disgusta																				
Me disgusta poco																				
Me disgusta mucho																				
Me disgusta extremadamente																				

7.17. Evaluación durante el almacenamiento

Las cuñas de piña deshidratadas e impregnadas con bebidas a base de betabel, suero de leche e inulina se mantuvieron almacenadas a temperatura ambiente y posteriormente se evaluó: la humedad, análisis fisicoquímicos, los compuestos fenólicos, la capacidad antioxidante, betalainas, la población de BAL y prueba sensorial. Como se describió en los apartados 7.12-16.



Figura 4. Cuña de piña deshidratadas e impregnadas con compuestos promotores de la salud después del secado.

7.18. Análisis estadístico

Las determinaciones se realizaron dos veces con su respectiva replica. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante la comparación de medias (ANOVA) mediante la prueba estadística de Tukey, empleando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, utilizando el software de Minitab.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

8.1. Caracterización del polvo de betabel

En la Tabla 10 se observan los resultados obtenidos en la caracterización química proximal y antioxidantes determinados en el betabel en polvo. El valor obtenido de humedad reportado por Camacho-Franco et al. (2020), se encuentra entre 2.50 a 12.50% dependiendo del proceso de secado y las condiciones establecidas en la determinación de humedad del betabel, lo cual coincide con el valor reportado.

De acuerdo con los parámetros determinados, se observa que el betabel es un alimento que presenta valores bajos en grasa, pero altos con respecto al contenido de cenizas, proteínas y carbohidratos. La cantidad de cenizas reportada fue de $7.79 \pm 0.12\%$ se encuentra por encima de acuerdo con lo reportado por Abrajan et al. (2016), quienes determinaron el contenido nutricional de remolacha deshidratada en liofilizador, obteniendo valores de 6.1%. Por otro lado, los valores obtenidos en la determinación de proteínas en este trabajo fueron de $8.94 \pm 0.30\%$, mientras que el de carbohidratos fue de 78.6%. Otáloras (2019) determinó la composición química de polvos liofilizados de remolacha, obteniendo valores de proteínas entre 8.5 a 10% dependiendo del tipo de granulo y método utilizado, dichos valores coinciden con lo obtenido en este trabajo. Sin embargo, en el caso de los carbohidratos no coinciden con lo reportado por este autor, que presenta valores entre 30 a 46.5%.

Respecto a los antioxidantes presentes en el betabel que se determinaron, se encuentran: los compuestos fenólicos totales (CFT), capacidad antioxidante (CA), betanina, indicaxanthinas y betalaínas totales. Los valores obtenidos de betalaínas totales fue de 332.89 mg/100 g de las cuales las betaninas o también denominadas betacianinas que proporcionan el color rojo-violeta característico del betabel que se encuentran en mayor proporción con un valor de 173.06 mg/100 g seguidas por las indicaxanthinas que se encuentran en menor proporción obteniendo valores de 59.82 mg/100 g. Torrenegra et al. (2016) reportaron valores de compuestos fenólicos totales

(CFT) de 147.07 mg EAG/100 g y capacidad antioxidante (CA) de 141.88 mg Trolox/100g. Los CFT y la CA reportadas en este trabajo fueron menores a las reportadas por Torrenegra et al. (2016), dicha diferencia puede deberse a que los datos que se presentan en este trabajo se obtuvieron de un polvo de betabel liofilizado y los de la bibliografía fueron obtenidos de la pulpa de betabel.

Tabla 10. Características proximales y antioxidantes de betabel en polvo y piña fresca.

Características	Betabel en	
	polvo	Piña fresca
Humedad (%)	4.373 ± 0.39	89.63 ± 0.20
Cenizas (%)	7.79 ± 0.12	ND
Proteína (%)	8.94 ± 0.30	ND
Grasa (%)	0.29 ± 0.00	ND
Carbohidratos (%)	78.600	ND
CFT (mg GAE/g)	99.03 ± 1.51	0.66 ± 0.04
CA (mg Trolox/g)	91.60 ± 0.17	1.38 ± 0.04
Betanina (mg/100g)	173.06 ± 0.37	ND
Indicaxantina (mg/100g)	59.82 ± 0.04	ND
Betalainas totales (mg/g)	232.89 ± 0.37	ND

CFT: Compuestos fenólicos totales. CA: Capacidad antioxidante

8.2. Caracterización de piña fresca

En la Tabla 10 se observan los resultados obtenidos en la caracterización química proximal y antioxidantes determinados en piña fresca. Arias y Toledo (2007) exponen que la piña está constituida entre un 80 a 90% de agua en relación con el grado de madurez de la fruta, por lo tanto, el valor obtenido en la determinación de humedad (89.63 ± 0.20%), se encuentran dentro del rango deseado de acuerdo con lo reportado. En relación con los compuestos fenólicos totales (CFT) se obtuvo el valor de 0.66 ± 0.04 mg EAG/100g, el cual, se encuentran por debajo de acuerdo con lo reportado por Montero

(2010), donde indica que de acuerdo con la variedad de la piña el contenido de compuestos fenólicos está en un rango de 25 a 39 mg/100 g de peso fresco.

Por último, la capacidad antioxidante (CA) obtenida presentó un valor de 1.38 ± 0.04 mg Trolox/100 g, dicho valor se sitúa dentro del rango de acuerdo con Vázquez-Briones et al. (2019) que menciona que la piña puede contener de 0.5 a 5.3 mg Trolox/100 g dependiendo del método utilizado para la obtención de la capacidad antioxidante y el grado de madurez del fruto.

8.3. Análisis fisicoquímicos del betabel en polvo

En la Tabla 11 se encuentran los datos de las características fisicoquímicas de betabel en polvo. El resultado obtenido en la determinación de pH nos indica que el betabel cuenta con un pH ligeramente ácido y es similar a lo reportado por Ramírez (2020) que obtuvo un valor de 6.61 para el betabel. Con respecto al resultado obtenido de acidez titulable expresada conforme al porcentaje de ácido cítrico presente en el betabel, se obtuvo un valor de 0.01%, ligeramente menor al reportado por Gómez y Duque (2018), quienes mencionan que el betabel presenta valores entre 0.03 a 0.06% dependiendo del tratamiento térmico aplicado y la duración de este.

En cuanto a los sólidos solubles mediante la determinación de grados Brix, el valor obtenido fue de $75.54 \pm 0.00\%$, esto nos indica que el betabel tiene un gran porcentaje de azúcares presentes, lo cual puede estar relacionado al método de secado utilizado para este producto, de acuerdo con lo reportado por Camacho-Franco et al. (2020) y Trejo-Márquez et al. (2022) el contenido más alto de sólidos solubles se presenta en el secado por estufa donde se reportan valores aproximados a los obtenidos en este trabajo.

Los resultados de color obtenidos de L^* , a^* , b^* , Hue y Chroma del betabel en polvo fueron 47.02 ± 1.83 , 24.10 ± 3.41 , -3.04 ± 3.04 , 352.21 ± 8.20 y 24.45 ± 2.99 , respectivamente. Donde se observa una luminosidad alta, un valor bajo y negativo para el parámetro b^* que nos indica una tendencia a las intensidades rojizas brindadas por el pigmento natural del betabel.

8.4. Análisis fisicoquímicos de la piña fresca

En la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la piña fresca. Los sólidos solubles evaluados en la piña fresca promediaron un valor de $9.17 \pm 0.64\%$. García et al. (2018) reportó valores de $9.7 \pm 0.43\%$ evaluados en pulpa fresca de *Ananas comosus*, lo que indica que los valores obtenidos se encuentran ligeramente por debajo con respecto a los reportados por estos autores. Por otro lado, de acuerdo con la Norma CODEX ALIMENTARIUS 182-1993 para fruta fresca, el contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa de la piña deberá ser, como mínimo, de 12%; tomando este valor en cuenta, tendríamos un valor promedio menor.

Los resultados obtenidos de pH en piña fresca fueron de 4.10 ± 0.01 , similares a los señalados por García et al. (2018) que reporta valores de 3.8 ± 0.26 y Villavicencio (2009) que menciona que los valores óptimos de pH para este alimento se encuentran entre 3.6 y 3.8.

Tabla 11. Características fisicoquímicas de betabel en polvo y piña fresca.

Características	Betabel en polvo	Piña
Brix (%)	75.54 ± 0.00	9.17 ± 0.64
pH	6.12 ± 0.01	4.10 ± 0.01
Acidez titulable	0.01 ± 0.00	0.94 ± 0.14
<i>L</i> *	47.02 ± 1.83	68.82 ± 3.24
<i>a</i> *	24.10 ± 3.41	-3.78 ± 1.14
<i>b</i> *	-3.04 ± 3.04	45.02 ± 0.90
Hue	352.21 ± 8.20	94.80 ± 1.44
Chroma	24.45 ± 2.99	45.18 ± 0.91

Los sólidos solubles y el pH son parámetros que indican la calidad de las frutas y con esto el estado de madurez, puesto que, se produce un incremento de ambos factores conforme avanza la maduración. Al contrario de estos factores conforme avanza la maduración la acidez tiende a disminuir; de acuerdo con Montero y Cerdas (2005) la acidez titulable de la piña es del orden de 0.5 a 1.6 g ácido cítrico/100 g jugo de la fruta.

Valores en los que se encuentra dentro el valor obtenido en esta investigación (0.94 ± 0.14 g).

Los resultados de color obtenidos de L^* , a^* , b^* , hue y chroma de la piña fresca fueron 68.82 ± 3.24 , -3.78 ± 1.14 , 45.02 ± 0.90 , 94.80 ± 1.44 y 45.18 ± 0.91 respectivamente. En relación con el grado de tono (Hue) y el parámetro b^* , se reportaron valores verdes/amarillos, con una luminosidad alta.

8.5. Selección del microorganismo a impregnar en cuñas de piña deshidratada

En la Figura 5 se observa la supervivencia microbiana de cada probiótico (*L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. casei*) empleado durante el proceso de selección utilizando el sistema 2 formulado con suero, inulina y betabel (ver Tabla 8). En el caso del microorganismo *L. acidophilus* se logra observar una diferencia significativa ($p < 0.05$) en comparación con los otros dos microorganismos, por lo que se decidió trabajar solo con el microorganismo *L. acidophilus*, debido a la mayor viabilidad que este presentó con respecto a los otros dos microorganismos.

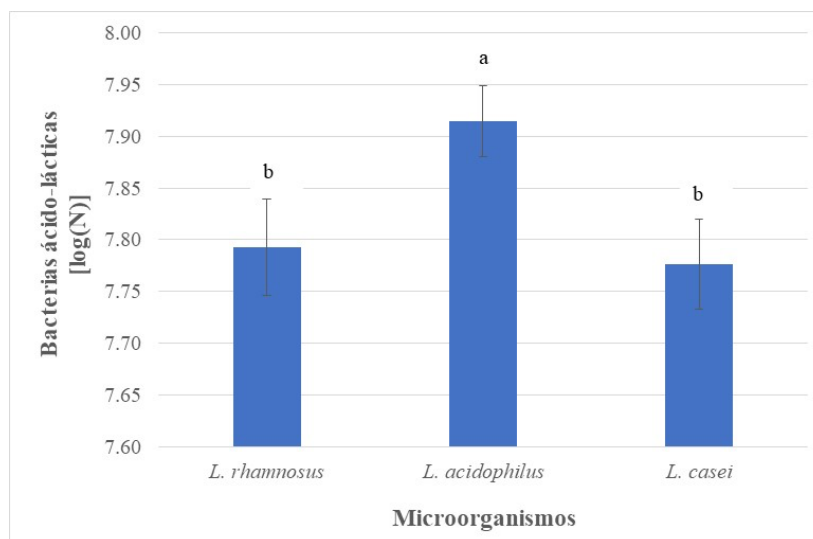


Figura 5. Crecimiento de *L. rhamnosus*, *L. acidophilus* y *L. casei* en el sistema dos.

8.6. Características fisicoquímicas durante el almacenamiento

En la Tabla 12 se muestran las características fisicoquímicas de las cuñas de piña impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento a temperatura ambiente por 40 días. Como se observa en la Tabla 11, las cuñas de piña impregnadas con los sistemas 1,4 y 5 presentaron una humedad menor a los 40 días de almacenamiento a comparación con la humedad que presentaron al tiempo cero obteniendo valores de 23.06 ± 0.84 , 23.81 ± 1.20 y 20.63 ± 1.03 respectivamente; mientras que, los sistemas 2 y 3 presentaron una humedad de mayor a los 40 días de almacenamiento con respecto al tiempo cero con valores de 24.66 ± 1.15 y 24.92 ± 1.60 . Se observa un comportamiento similar el caso de los °Brix y el pH donde en la mayoría de los sistemas los valores aumentaron durante el almacenamiento a excepción del sistema 4 en donde se observa que los valores disminuyen durante el almacenamiento; siendo este, uno de los sistemas que no contienen inulina dentro de la formulación, pero si betabel y suero, como se observa en la Tabla 8.

Tabla 12. Características fisicoquímicas durante el almacenamiento de cuñas de piña impregnadas con compuestos promotores de la salud.^a

Características	S1		S2		S3		S4		S5	
	0	40 (d)	0	40 (d)	0	40 (d)	0	40 (d)	0	40 (d)
Humedad	$23.36 \pm 1.57a$	$23.06 \pm 0.84a$	$22.16 \pm 0.39b$	$24.66 \pm 1.15a$	$22.79 \pm 0.72a$	$24.92 \pm 1.60a$	$26.72 \pm 2.70a$	$23.81 \pm 1.20a$	$23.20 \pm 1.90a$	$20.63 \pm 1.03a$
°Brix	$50.97 \pm 0.64b$	$54.98 \pm 1.55a$	$47.99 \pm 0.64b$	$57.89 \pm 0.64a$	$47.28 \pm 1.10b$	$54.80 \pm 0.84a$	$45.45 \pm 0.64a$	$42.52 \pm 0.64b$	$48.37 \pm 1.10b$	$58.23 \pm 0.00a$
pH	$3.92 \pm 0.01a$	$3.93 \pm 0.00a$	$3.80 \pm 0.10a$	$3.93 \pm 0.02a$	$3.86 \pm 0.06a$	$3.89 \pm 0.04a$	$4.03 \pm 0.01a$	$4.01 \pm 0.01b$	$3.98 \pm 0.02b$	$4.05 \pm 0.01a$
Acidez titulable	$2.86 \pm 0.07b$	$4.10 \pm 0.13a$	$3.46 \pm 0.26b$	$4.14 \pm 0.20a$	$3.63 \pm 0.07b$	$4.27 \pm 0.15a$	$2.86 \pm 0.07b$	$3.63 \pm 0.15a$	$3.03 \pm 0.07a$	$3.20 \pm 0.01a$
<i>L*</i>	$63.57 \pm 0.92a$	$58.00 \pm 3.31b$	$54.51 \pm 0.65a$	$50.39 \pm 5.13a$	$64.18 \pm 6.43a$	$56.21 \pm 2.88a$	$60.67 \pm 2.50a$	$54.28 \pm 4.26a$	$58.97 \pm 3.63a$	$53.13 \pm 1.47a$
<i>a*</i>	$14.50 \pm 2.39a$	$15.97 \pm 0.80a$	$19.92 \pm 5.21a$	$20.50 \pm 0.84a$	$9.17 \pm 1.07a$	$10.93 \pm 2.26a$	$19.10 \pm 1.94a$	$19.08 \pm 2.40a$	$14.50 \pm 1.90a$	$17.68 \pm 0.08a$
<i>b*</i>	$36.13 \pm 3.23a$	$33.51 \pm 4.06a$	$13.89 \pm 4.75a$	$19.84 \pm 4.34a$	$34.87 \pm 2.58a$	$21.26 \pm 1.19b$	$25.53 \pm 4.14a$	$25.32 \pm 2.37a$	$36.67 \pm 0.52a$	$29.91 \pm 3.40b$
Hue	$68.22 \pm 1.61a$	$64.33 \pm 3.35a$	$34.80 \pm 8.43a$	$43.61 \pm 5.96a$	$75.30 \pm 0.58a$	$62.95 \pm 4.62b$	$53.03 \pm 1.87a$	$52.98 \pm 4.77a$	$68.44 \pm 2.78a$	$59.22 \pm 3.95b$
Chroma	$38.94 \pm 3.85a$	$37.17 \pm 3.53a$	$24.44 \pm 6.20a$	$28.62 \pm 3.37a$	$36.05 \pm 2.76a$	$23.96 \pm 1.72b$	$31.89 \pm 4.47a$	$31.78 \pm 2.04a$	$39.47 \pm 0.52a$	$34.80 \pm 2.58b$

En la Tabla 12 se observan los valores correspondientes para la determinación de color de las cuñas de piña impregnadas con compuestos promotores de la salud de los cinco sistemas evaluados durante el almacenamiento a temperatura ambiente correspondiente

a los días cero y cuarenta. En cuanto a los resultados obtenidos al tiempo cero se observa que la tonalidad amarilla prevalece mayormente en los sistemas 3, 5 y 1, respectivamente, observando que la inulina y el suero de leche potencian el color amarillo de la piña al ser sometida a deshidratación. Por otra parte, los sistemas 4 y 5 que fueron impregnados con betabel a comparación de los sistemas ya mencionados obtuvieron un color más rojizo respectivamente en función de que se le agregó el betabel en polvo que posee tonalidades rojizas como se observa en la Tabla 10. Después del almacenamiento durante 40 días a temperatura ambiente se observó que hubo un oscurecimiento con respecto a las cuñas de piña al tiempo cero. En donde se difieren dos tipos de oscurecimiento uno enzimático y otro producido por una reacción de Maillard. Se deduce que en los sistemas 1, 2 y 4 se llevó a cabo una reacción de oscurecimiento enzimático la cual se puede determinar mediante métodos químicos basados principalmente en medir la concentración de los sustratos de la reacción (Rojo, 2019), como es el caso de la determinación de fenoles como se observa en la gráfica 3, en la cual se obtiene los datos esperados, corroborando que se trata de un oscurecimiento enzimático. En el sistema 1 perteneciente a los sistemas que no cuentan con betabel en la formulación y que solo fue impregnado con agua es en el que después del almacenamiento prevalece el color amarillo con respecto a los sistemas 3 y 5 donde se deduce que se produjo un oscurecimiento mediante una reacción de Maillard, puesto que las cuñas de piñas contienen azúcares, proteínas, aminoácidos y además se les aplicó un tratamiento térmico que propició la reacción.

8.7. Evaluación sensorial de la piña impregnada durante 40 días

En la Tabla 13 se observan los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de cuñas de piña impregnadas con compuestos promotores de la salud después de 40 días de almacenamiento a temperatura ambiente, en donde se evaluaron 4 aspectos: sabor, olor, color y aceptación general. Ninguno de los parámetros evaluados presentó diferencias significativas ($p > 0.05$).

Tabla 13. Evaluación sensorial de cuñas de piña impregnadas con compuestos promotores de la salud después de 40 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tratamiento	Sabor	Olor	Color	Aceptación general
S1	5.54 ± 0.93a	5.04 ± 0.95a	4.86 ± 1.23a	5.38 ± 1.01a
S2	5.54 ± 1.38a	4.83 ± 1.04a	4.33 ± 1.20a	5.54 ± 1.18a
S3	5.54 ± 1.53a	4.92 ± 1.32a	4.08 ± 1.06a	5.58 ± 1.02a
S4	5.38 ± 1.01a	5.00 ± 1.25a	4.46 ± 1.18a	5.46 ± 1.06a
S5	5.29 ± 1.63a	4.96 ± 1.27a	4.63 1.41a	5.33 ± 1.49a

8.8. Bacteria ácido-láctica

En la Figura 6 se observa el crecimiento de bacterias ácido-lácticas en soluciones fermentadas y en cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud al inicio y final del almacenamiento. Con respecto a los valores obtenidos de las cuñas de piña al inicio del almacenamiento comparados con los datos correspondientes al pH que se muestran en la Tabla 11 se observa la influencia del pH sobre el crecimiento de *L. acidophilus*. Se puede deducir que el crecimiento de esta bacteria ácido-láctica es directamente proporcional al pH, puesto que, entre mayor acidez mayor es el crecimiento de dichas bacterias. Además, se observa que los sistemas 2 y 3 presentaron una supervivencia mayor del probiótico, lo que puede deberse a la presencia de suero de leche e inulina dentro de la formulación. La inulina y el suero de leche actúan como sustrato energético para los probióticos (Ayala et al., 2018; Guel et al., 2018), fomentando así su crecimiento y viabilidad.

Después de 40 días de almacenamiento, se observó una notable disminución de la supervivencia del probiótico probablemente por el agotamiento de nutrientes presentes en las cuñas deshidratadas, lo que causó pérdida de su viabilidad a partir del día 15 de almacenamiento.

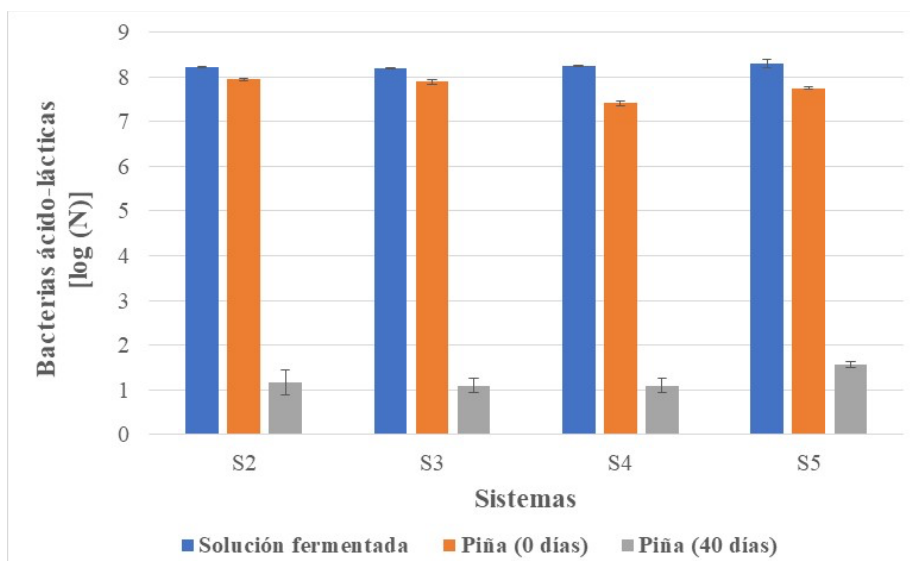


Figura 6. Crecimiento de *L. acidophilus* en soluciones fermentadas y cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud al inicio y final del almacenamiento.

8.9. Evaluación de antioxidante de cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento

En la Figura 7 se muestran los datos obtenidos de los compuestos fenólicos totales en cuñas de piña deshidrata impregnadas con cinco sistemas expresados en mg GAE/100 g. En los sistemas 1, 2 y 4 se observa que, a medida que el pardeamiento avanza la cantidad de compuestos fenólicos disminuye debido a la acción de la enzima polifenol oxidasa (PPO) que cataliza la oxidación de los compuestos fenólicos a quinonas dando como resultado la formación de pigmentos marrones llamados melaninas (Tilley et al., 2023).

En el caso de los sistemas 3 y 5 se observa que la cantidad de compuestos fenólicos aumentó después del almacenamiento, en los cuales probablemente ocurrió un proceso de fermentación de las cuñas de piñas deshidratadas que aumento la producción de compuestos fenólico (Paz, 2022).

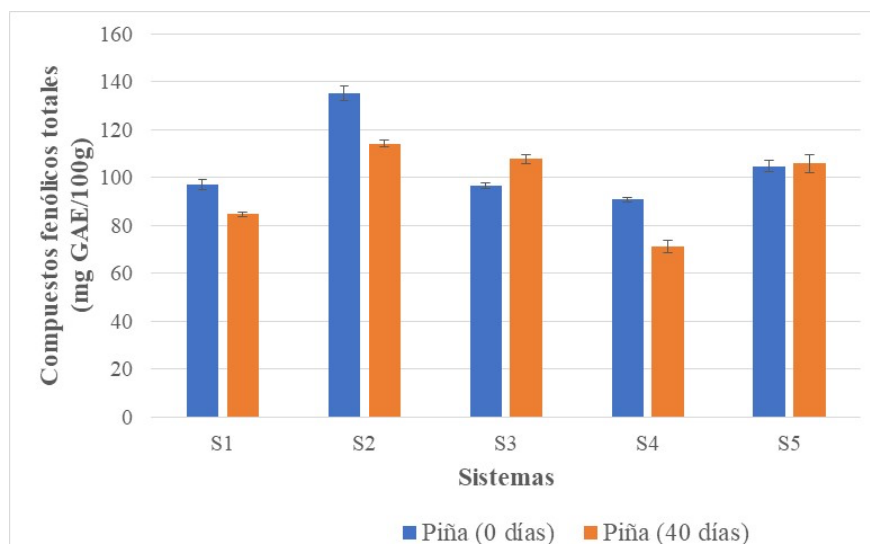


Figura 7. Compuestos fenólicos totales en cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento.

En la Figura 8 se muestra la capacidad antioxidante de de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento. Los resultados obtenidos indican que durante el almacenamiento la capacidad antioxidante de todos los sistemas disminuyo, principalmente en los sistemas 4 y 5. En el caso del sistema 2 y 3 se observa que la inulina ayudó a perdurar la capacidad antioxidante (Zhang et al., 2024) con respecto a los sistemas 4 y 5 que no contaban con ella.

En la Figura 9 se muestran los valores obtenidos en cuanto a las betalaínas presentes en cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento. En el sistema 4 se observa que a media que incrementa el tiempo de almacenamiento disminuye la concentración de betalaínas (Bet, Ind y TB). En el caso del sistema 2 que a diferencia del sistema 4 este contiene en su formulación inulina observamos que las betalaínas perduran más durante el almacenamiento, se puede inferir que esto se debe a que la inulina favorece la capacidad antioxidante de la piña (Zhang et al., 2024), siendo este uno de los factores que ayudan a la estabilidad de las betalaínas.

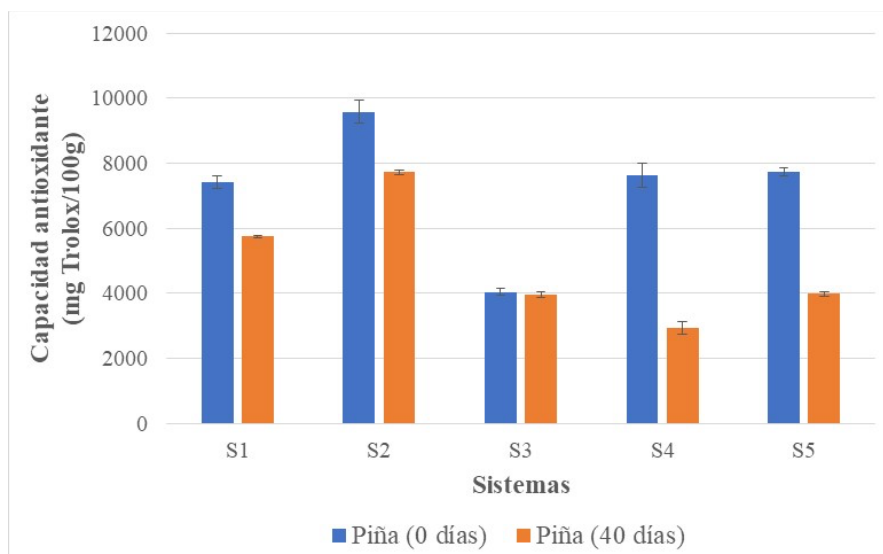


Figura 8. Capacidad antioxidante en cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento.

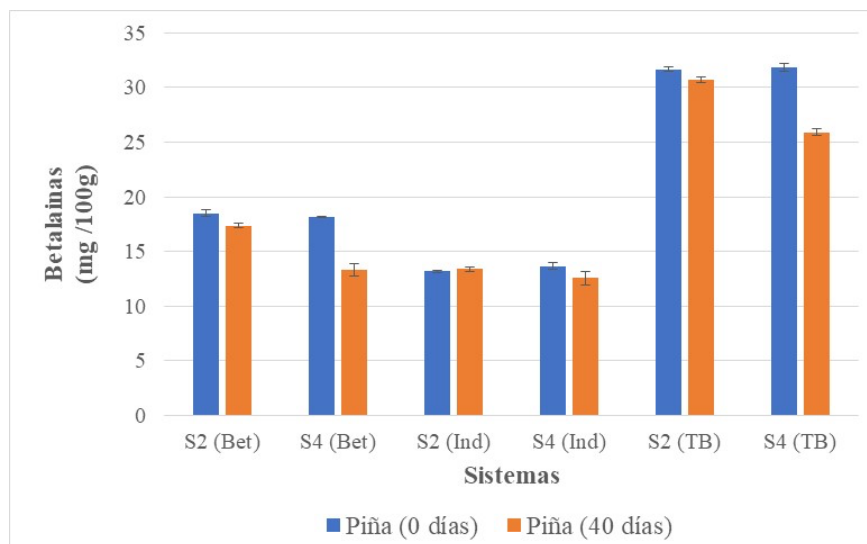


Figura 9. Betalainas en cuñas de piña deshidrata impregnadas con compuestos promotores de la salud durante el almacenamiento.

9. CONCLUSIONES

- El betabel se considera una hortaliza con un gran contenido de betalaínas, compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante.
- Se logró impregnar satisfactoriamente las cuñas de piña deshidratada con los diferentes sistemas formulados con betabel en polvo, suero de leche, inulina y probióticos.
- Después de la impregnación de los 3 microorganismos en las cuñas de piña deshidratada, *L. acidophilus* presentó una carga microbiana mayor ($p < 0.05$) con respecto a los otros dos microorganismos evaluados.
- La adición de inulina y polvo de betabel en el sistema dos incrementó los valores de los compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante al inicio y después del almacenamiento.
- La viabilidad de *L. acidophilus* en el sistema dos se mantuvo durante 15 días de almacenamiento.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda impregnar otras frutas y evaluar su aceptabilidad.
- Se propone evaluar un consorcio de probióticos para la impregnación de frutas.
- Evaluar otras fuentes de betalaínas para impregnar alimentos.
- Se recomienda utilizar combinación de métodos, para extender la viabilidad de los probióticos.

11. REFERENCIAS

Abrajan, P., Carrera, V., Vaallejo, S., Puente, C. Flores, L., Nuñez, D. y Brito, H. (2016). Diseño y construcción de un liofilizador para el secado de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris var. saccharifera*). Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Aguilera, C. (2015). Métodos de conservación de alimentos. *Manipulador de alimentos. Temarios de Formación*. 1:95-150

Stephen, A., Phillips, G. y Williams, P. (2006). Inulin. *Food polysaccharides and their applications*. 1:335-349

Alvarado, J.I., Ávila, E., Camarillo, M., Ochoa, M. y Zamarripa, A. (2011). Producción de remolacha azucarera en el Valle de Mexicali, B.C. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. 1:5

Aparicio-Fernández, X., Vega-Ahuatzin, A., Ochoa-Velasco, C.E., Cid-Pérez, S., Hernández-Carranza, P., Ávila-Sosa, R. (2018). Physical and antioxidant characterization of edible films added with red prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) cv. San Martín peel and/or its aqueous extracts. *Food and Bioprocess Technology*. 11:368-379.

Aranceta, J. (2009). Prebióticos y probióticos: presencia en la leche materna y utilidad en determinadas patologías pediátricas. *Alimentos funcionales y salud en la etapa infantil y juvenil*. 1:98-109

Aranceta, J., Blay, G., Echevarría, F.J., Gil, I., Hernández, M., Iglesia, R. y López, M.L. (2011). Atención primaria de calidad. Guía de buena práctica clínica en alimentos funcionales. *Organización Médica Colegial de España*. 1:16-19

Arias, C., y Toledo, J. (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*.

Ayala, M. A., Hernández, D., Pinto, R., González, S., Bárcena, J.R., Hernández, O., y Torres, N. (2018). Efecto prebiótico de dos fuentes de inulina en el crecimiento in vitro de *Lactobacillus salivarius* y *Enterococcus faecium*. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 2:346-361.

Balcázar, B., Martínez, E. y González, M. (2003). Efecto de la administración oral de inulina sobre el perfil de lípidos y la sensibilidad a la insulina en individuos con obesidad y dislipidemia. *Revista médica de Chile*. 6: 597-604.

BCIE. (1990). Situación actual, de la producción, industrialización y comercialización de la leche en Centroamérica. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*.1:30-76

Beltrán, C. (2016). Alimentos funcionales. *Farmacia profesional*. 30:12-14

Biesalski, H. K. y Grimm, P. (2007). Alimentos no nutritivos. *Nutrición: texto y atlas*. 1:288

Botero, F., Amador, C. y Ibarra E. (2010). Carbohidratos. *Ingeniería de Tequilas*. 1:73-76

Camacho-Franco, A.N., Pascual-Bustamante, S., Lira-Vargas, A., Moreno-Ramos, C. y Trejo-Márquez, M.A. (2020). Desarrollo y caracterización de una botana tipo chip a base de betabel (*Beta vulgaris* L.) aplicando diferentes métodos de secado. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 5:420-425

López, L. X., Dublán, O., y Castro, A. G. (2014). Efecto del procesamiento térmico sobre el contenido de betalainas y la actividad antioxidante del betabel (*Beta vulgaris* L.). *Centro de investigaciones en óptica*.1:1-4

Castellanos, E. & Yahia, E.M. (2008). Identification and Quantification of Betalains from the Fruits of 10 Mexican Prickly Pear Cultivars by High-Performance Liquid Chromatography and Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56:4

Cerrato, I. (2013). Manual de producción de piña. *Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario de la Secretaría de Agricultura y Ganadería*. 1: 5-15

CODEX ALIMENTARIUS (2011). Norma para la piña. *Organización Mundial de la Salud*. 1:2-5

Cronquist, A. (1981). An Integrated System of Classification of Flowering Plants. *American journal of plant sciences*. 3:248-250

Domene, M.A. y Segura, M.(2014). Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. *Cajamar*. 5:1

Doporto, M.C., Sacco, F., Viña, S. y García M. (2017). Quality and Technological Properties of Gluten-Free Biscuits Made with Pachyrhizus ahipa Flour as a Novel Ingredient. *Food and Nutrition Sciences*. 8:70-83

Drider, D. & Arredondo, V. M. R. (2016). Bacterias ácido lácticas. *Alpha*.

Fengchen Group CO., LTD. (2009). *Lactobacillus acidophilus L. acidophiles. Pharmaceutical Product Supplier from China*.

García, A., Muñiz, S., Hernández, A., González, L. y Fernández, D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*Ananas comosus*, variedad *Cayena lisa*). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 22: 62-69.

García, F., Bejarano, D., Paredes, L., Vega, R. y Encinas, J. (2018). La deshidratación osmótica mejora la calidad de *Ananas comosus* deshidratada. *Scientia agropecuaria*. 9:349-357

García, Y., García, A., Gernández, A. y Péres, J. (2011). Estudio de la variación del Índice de Color durante la conservación de la piña variedad *Cayena Lisa* a temperatura ambiente. *Revista Ciencias Técnicas agropecuarias*. 4:12-16.

Garita, R.A. (2014). Las bromeliáceas. La piña.1:21-65

Gil, A. (2010). Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. 2:262-272

Gómez, M. y Duque, A. (2018). Caracterización fisicoquímica y contenido fenólico de la remolacha (*Beta vulgaris L.*) en fresco y sometida a tratamiento térmico. *Revista ion*. 31:43-47

González, T. (1969). Effects of plant density on the production of a plant crop of red spanish pineapple in Puerto Rico. *Research in agricultural y applied economics*. 1:72-77

Guarner, F., García, P. y Sierra, C. (2010). Uso de probióticos, prebióticos y sinbióticos en nutrición clínica. *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. 2:323-341

Guel, P., Hernández J.L. y Rodríguez, G. (2018). Uso de bacterias obtenidas a partir de suero de leche y su uso potencial como probióticos en la industria alimentaria. *Revista Boliviana de química*. 35:40-45

Gutiérrez, Á., Ledesma, L., García, I. y Grajales, O. (2007). Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México. *Revista Cubana de salud pública*. 33:0-0

Ramírez, L. (2020). Optimización de las condiciones de termoultrasonificación del jugo de betabel (*Beta vulgaris L.*) sobre la calidad microbiológica, propiedades

fisicoquímicas, antioxidantes y su comparación con la pasteurización. *Tesis, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo*

Rodríguez, O., Flores, F., Zarate, G. y Rivera, V. (2016). Grupo de bacterias ácido lácticas. *Bacterias ácido lácticas*. 3:41-43

Rosas, C. (2011). Contenido de compuestos bioactivos y su contribución a la capacidad antioxidante durante la maduración de piña CV. "Esmeralda". *Tesis, Centro de investigación en alimentación y desarrollo, A.C.*

Ruiz, N. (2011). Analizadores electroquímicos para medir el pH del agua en procesos industriales. *Tesis, universidad de San Carlos de Guatemala*

Hassan, A. y Othman, Z. (2011). Pineapple (*Ananas comosus L. Merr.*). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*.1:194-217

Hayet, H.K., Ahmed, S., Ismahen, E., Mohamed, M.C., Phillipe, T. y Nabiha, B. (2014). Betalain and phenolic compositions, antioxidant activity of tunisian red beet (*Beta vulgaris L. conditiva*) roots and stems extracts. *International Journal of Food Properties*. 17:1934-1945

Hernández, G., Ortega, E. y Ortega, I.H. (2021). Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (*Ananas comosus*) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales. *Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP*. 7:24–28

Herrera, S.P. y Sisalima, D.E. (2013). Elaboración de donas (rosquillas) a base de harina de camote morado, quinua y trigo, y evaluación de su potencial nutritivo. *Tesis, Universidad de Cuenca*.

Hervas, P. M. (2011). Estudio de la influencia de los grados brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne. *Tesis, Universidad Técnica de Ambato*

Hounhouigan, M., Linnemann, A., Ingenbleek, P., Soumanou, M., Van, H. y Van M. (2014). Effect of Physical Damage and Storage of Pineapple Fruits on their Suitability for Juice Production. *Journal of food quality*. 37:268-273

Hulme, A. C. (1989). The mango. *The biochemistry of fruit and their products*. 2:675-683.

James, C.S. (1999) Theory of analytical methods for specific food constituents. *Analytical Chemistry of Foods*. 1:175-178

Kandler O y Weiss N. (1994). Regular, non-sporing gram-positive Rods. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. 1:1209-1234.

Kanner, J., Harel, S. y Granit, R. (2001). Betalains a new class dietary cationized antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 5178-5185.

Kishan, M. (2011). Guidelines for evaluation of probiotics in food. *Indian Council of Medical Researc*. 1:2-3

Landwehr, T. (1999). Deshidratación. *La deshidratación de frutas: métodos y posibilidades*.

Lara-Fiallos, M., Julián-Ricardo, M., Pérez-Martínez, A., Benítez-Cortés, I. y Lara-Gordillo, P. (2017). Avances en la producción de inulina. *Tecnología química*. 37:220-238

Madigan, M.T., Martinko, J. M. y Parker, J. (2004). Diversidad en bacteria. *Biología de los Microorganismos*. 14: 524-525

Madrigal, L. y Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 57:387-396.

Martí, A., Moreno, J. y Martínez, J.A. (2003). Alimentos probióticos, prebióticos y simbióticos. *Alimentos y nutrición en la práctica sanitaria*. 1:61-76

Martínez, I., Periago M.J. y Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. 50:5-18

Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*. 48:177–182.

Monsalve, J. y Machado, M. (2007). Evaluación de dos métodos de deshidratación del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*) variedad manzano. *Revistas científicas de América latina*. 7:256-265

Montero, M., Rojas, M.A., y Martín, O. (2010). Mechanical and chemical properties of gold cultivar pineapple flesh (*Ananas comosus*). *European Food Research and Technology*. 230:675-686.

Montero, M. y Cerdas, M. (2005). Guías técnicas del manejo postcosecha para el mercado fresco. Piña (*Ananas comosus*). *Ministerio de agricultura y ganadería*. 13:12-24

Morante, J., Agnieszka, A., Bru-Martínez, R., Carranza, M., Pico-Saltos, R. y Nieto, E. (2013). Distribución, localización e inhibidores de las oxidasas en frutos y vegetales usados como alimento. *Ciencia y Tecnología*. 71:23-31

Murray, P., Rosenthal, K. y Pfaller, M. (2007). Principios básicos de la microbiología médica. *Microbiología médica*. 5:89

Neira, F., (1996). Deshidratación de frutas y hortalizas con aire caliente. *Biblioteca agropecuaria de Colombia*. 1-11

Nielsen, S. (2003). Laboratory exercises. *Food Analysis Laboratory Manual*. 3: 71-200

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2006). Probióticos en los alimentos. Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación. *Estudio FAO alimentación y nutrición*. 1:1-5

Otáloras C. (2019). Evaluación de la capacidad colorante y de su estabilidad en subproductos del escaldado de *Beta vulgaris* L. var *conditiva*. Tesis, Universidad de Buenos Aires.

Pamplona, J.D. (2006). Alimentos para la sangre. *Salud por los alimentos*. 6:126

Paz, S.L. (2022). Extracción de compuestos bioactivos de residuos de piña (*Ananans comosus*) usando fermentación en estado sólido. Tesis, Universidad Nacional de Colombia

Pitalúa, E.E. (2007). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de jugo de betabel (*Beta vulgaris* L) secado por aspersion. Tesis, Universidad Veracruzana

Prado, M. (2010). S-layer de *Lactobacillus acidophilus*: caracterización y análisis funcional. Tesis, Universidad de Buenos Aires

Reyes, J.A. y Rodríguez, L. (2011). Los probióticos: ¿cómo una mezcla de microorganismos hace un gran trabajo?. *Revista mexicana de ciencias*. 43:8-13

Roberfroid, M.B. (1998). Prebiotics and symbiotics: concepts and nutritional properties. *British Journal of Nutrition*. 80: 197-202.

Rodríguez, S.V., Hernández, P., Ávila, R., Ruiz, I.I., y Ochoa, C.E. (2020). Effect of natural extracts addition on antioxidant, color and sensory properties of avocado (*Persea americana* cv. *criollo* sp.) puree. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 14:2623-2634.

Rodríguez, Y.Y. (2022). Probióticos: *Lactobacillus acidophilus* una bacteria beneficiosa para el tracto intestinal. *Tecnovita*. 1:1-3

Rojas, S., Lopera, J.S., Uribe, A., Correa, S., Perilla, N. y Marín, J.S. (2015). Consumo de nutraceuticos, una alternativa en la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles. *Revista Biosalud*. 14(2):91-103.

Rojo, L. (2019). Nanopartículas biocompatibles dopadas con antioxidantes: efecto sobre el pardeamiento de zumos de fruta. *Tesis, Universidad de Oviedo*

Sawickiet, T., Bączek, N. y Wiczowski W. (2016). Betalain profile, content and antioxidant capacity of red beetroot dependent on the genotype and root part. *Journal of Functional Foods*. 27:249-261.

Serrano, M., Sastre, A. y Cobo, J.M. (2005). Tendencias en alimentación funcional. *Probióticos en nutrición infantil*. 4:4-11

Simpson, P. (2022). Lo que debemos conocer acerca de los prebióticos y probióticos. *Bacterias para una piel sana: Pre y probióticos para un cutis radiante*. 1:85-98

Slover, C.M. y Danziger, L. (2008). *Lactobacillus*: a Review. *Clinical Microbiology Newsletter*. 30:23-27.

Stíntzing, F.C., Herbach, K.M., Mosshammer, M.R., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S., Akoh, C.C., Bunch, R. y Felker, P. (2005). Color, betalain pattern and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia spp.*) Clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 442-451.

Symons, G.M., Chua, Y. J., Ross, J.J., Quittenden, L. J., Davies, N.W. y Reid J.B. (2012). Hormonal changes during non-climacteric ripening in strawberry. *Journal of experimental botany*. 63(13):4741-4750

Tilley, A., McHenry, M.P., McHenry, J.A., Solah, V. y Bayliss, K. (2023). Enzymatic browning: The role of substrates in polyphenol oxidase mediated browning. *Research in Food Science*. 7:1-8

Torrenegra, M., Villalobos, O., Castellar, E., León, G., Granados, C., Pajaro, N. y Caro, M. (2016). Evaluación de la actividad antioxidante de las pulpas de *Rubus glaucus* B, *Vaccinium floribundum* K y *Beta vulgaris* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 21:1-8.

Trejo-Márquez, A., Camacho-Franco, A., Pascual-Bustamante, S. y Lira-Vargas, A. (2022). Desarrollo de una botana tipo chip a base de betabel (*Beta vulgaris L.*) bajo en grasa aplica. *Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas*. 2 :24-34

UNCTAD. (s.f.). Conferencia de las naciones unidas sobre comercio y desarrollo. Piña. *INFOCOMM*. 1:8-14

Vanilssen, A., Nilstrem, R. y Kuslovic, A. (2020). Simbiótico. *Microbiología Médica I: Patógenos y Microbioma Humano*.

Vázquez-Briones, M., Chavez-Reyes, Y. y Mata-García, M. (2019). Frutas tropicales como fuentes de antioxidantes y sus perspectivas en la industria de bebidas. *Revista ECORFAN*. 1:68-76

Vidal, M.C., Izquierdo, M. y Vecina, M.T. (1999). Estabilidad y métodos de conservación de los alimentos. *Tratado de nutrición*. 1:451-463

Villarreal, F. (2002). Aislamiento y Caracterización de *Lactobacilos* intestinales con Potencial Probiótico. *Tesis, Universidad Nacional de Litoral*

Villavicencio, C. (2009). Manual de calidad jugos y néctares, néctar de piña. *Escuela superior politécnica del Litoral*.

Wang, H.C., Huang, X.M., Hu, G.B., Yang, Z. y Huang, H.B. (2005). A comparative study of chlorophyll loss and its related mechanism during fruit maturation in the pericarp of fast and slow degreening litchi pericarp. *Scientia Horticulturae*. 2 :106-247

Zhang, Y., Liu, R., Song, B., Li, L., Shi, R., Ma, X., Zhang, I. y Li, X. (2024). Recent advances in inulin polysaccharides research: extraction, purification, structure, and bioactivities. *Chemical and biological technologies in agriculture*. 11:136

