

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**FORMULACIÓN DE BEBIDAS FERMENTADAS A BASE DE LACTOSUERO
CON LA ADICIÓN DE PULPA DE PITAHAYA (*Hylocereus polyrhizus*)**

POR:

ANA ELIS IRIAS MARTINEZ

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

MARZO, 2025

**FORMULACIÓN DE BEBIDAS FERMENTADAS A BASE DE LACTOSUERO
CON LA ADICIÓN DE PULPA DE PITAHAYA (*Hylocereus polyrhizus*)**

POR:

ANA ELIS IRIAS MARTINEZ

ZOILA ESPERANZA FLORES HERNANDEZ
Asesor principal

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERIA EN TECNOLOGIA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

MARZO, 2025

DEDICATORIA

Ante todo, agradezco a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Su amor, su luz y su infinita misericordia me han acompañado en cada desafío, dándome la sabiduría y la fuerza necesarias para seguir adelante. Sin él, nada de esto sería posible.

Con profundo amor y gratitud, dedico este trabajo a las personas que han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este camino.

A mis padres, Caridad Martínez y Manuel Irías, por ser el ejemplo de esfuerzo, dedicación y amor infinito. Mamá, gracias por tu ternura, por tus palabras de aliento en los momentos difíciles y por ser mi refugio en cada desafío. Papá, gracias por tu fortaleza, por enseñarme a luchar por mis sueños con determinación y por demostrarme que la perseverancia siempre da frutos. Todo lo que soy y todo lo que he logrado es el reflejo de los valores que me han inculcado.

A mis hermanos, Stefany Irías y Manuel Antonio Irías, por ser mis compañeros de vida, mi apoyo incondicional y mi fuente de alegría. Ustedes han sido mi motivación constante para seguir adelante y alcanzar mis metas.

A cada uno de ustedes, gracias por creer en mí, por nunca dejarme caer y por ser el motor que me impulsa a seguir creciendo. Este logro no es solo mío, sino de todos nosotros.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios, fuente de mi fortaleza y guía en cada paso de mi vida. Su amor y misericordia me han dado la sabiduría y la determinación para superar cada obstáculo y alcanzar esta meta.

A mi querida familia, quienes han sido mi mayor apoyo y motivación. A mis padres, Caridad Martínez y Manuel Irías, por su amor incondicional, sus sacrificios y por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo es posible. A mis hermanos, Stefany Irías y Manuel Antonio Irías, por su compañía, sus palabras de aliento y por ser parte fundamental de mi vida.

A la Universidad Nacional de Agricultura, por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para crecer como profesional. A mis docentes y asesores, quienes con su guía y conocimientos han sido pieza clave en mi desarrollo intelectual y personal.

A mis amigos, Juan José Castro, Gloria Almendarez, María Izaguirre y Edgar Cortéz, gracias por su amistad incondicional, su apoyo en los momentos difíciles y por compartir conmigo tantos momentos de aprendizaje, risas y crecimiento. Su compañía ha sido invaluable en esta etapa de mi vida.

A todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte de este proceso, motivándome, enseñándome y acompañándome en este recorrido, les extiendo mi más sincero agradecimiento.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE ANEXOS.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Lactosuero	4
3.1.1 Generación y manejo del lactosuero en Honduras	4
3.1.2 Impacto ambiental del lactosuero sin tratamiento	4
3.1.3 Composición química del lactosuero.....	5
3.1.4 Propiedades funcionales del lactosuero.....	5
3.1.5 Compuestos bioactivos del suero lácteo.....	6
3.1.6 Importancia del lactosuero como subproducto de la industria láctea.....	6
3.2 Bebidas lácteas a base de lactosuero	7
3.2.1 Bebidas lácteas no fermentadas.....	7
3.2.2 Bebidas lácteas fermentadas.....	8
3.3 Pitahaya (<i>Hylocereus</i> spp.).....	8
3.3.1 Composición química y nutricional de la pitahaya.	8
3.3.2 Propiedades funcionales de la pitahaya (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	9
3.3.3 Aplicaciones industriales de la pitahaya en la industria alimentaria.....	11

IV. MATERIALES Y METODOS.....	13
4.1 Lugar de la investigación	13
4.2 Metodología experimental.....	13
4.3 Obtención del suero lácteo	14
4.4 Obtención de cultivos lácteos mixtos.....	14
4.5 Preparación de la bebida fermentada	14
4.5.1 Obtención de las pulpas.....	14
4.5.2 Activación de las bacterias liofilizadas y fermentación de la bebida.....	15
4.6 Formulaciones base de las bebidas.....	15
4.7 Mediciones Analíticas	15
4.8 Evaluación Sensorial	16
4.9 Índice de aceptabilidad.....	17
4.10 Análisis estadístico.....	17
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
5.1 Caracterización de la pulpa de pitahaya.....	18
5.2 Caracterización fisicoquímica de leche y suero	18
5.3 Caracterización de las bebidas, antes y después de la fermentación.....	20
5.4 Evaluación sensorial de las bebidas.	22
5.5 Índice de aceptabilidad.....	23
VI. CONCLUSIONES.....	26
VII.RECOMENDACIONES.....	27
VIII. BIBLIOGRAFÍA	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del suero lácteo.....	5
Tabla 2. Composición bioquímica de la pitahaya (<i>Hylocereus polyrhizus</i>), en base a 100 g de pulpa fresca.	9
Tabla 3. Formulaciones para el desarrollo de las bebidas.	15
Tabla 4. Valores resultantes de las mediciones fisicoquímicas de la pulpa.	18
Tabla 5. Valores resultantes de las mediciones fisicoquímicas de leche y suero.....	20
Tabla 6. Mediciones fisicoquímicas de las bebidas, antes y después de la fermentación ...	21
Tabla 7. Valores obtenidos por medio de evaluación afectiva	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en Catacamas, Honduras.	13
Figura 2. Índice de aceptabilidad de las bebidas para las variables de color, aroma, sabor y textura.	24

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de evaluación sensorial.	37
Anexo 2: Inóculo utilizado para la fermentación de bebidas.	37
Anexo 3: Bebidas después de fermentar.	37
Anexo 4: Muestras listas para analizar.	37
Anexo 5: Análisis de pH.	38
Anexo 6: Análisis de sólidos solubles.	38

Irías Martínez, A.E. 2025. Formulación de bebidas fermentadas a base de lactosuero con la adición de pulpa de pitahaya (*hylocereus polyrhizus*). Tesis. Inga. en Tecnología Alimentaria, Catacamas, Olancho, Honduras, Universidad Nacional de Agricultura

RESUMEN

El aprovechamiento del lactosuero, subproducto de la industria láctea con alto valor nutricional y elevado impacto ambiental, ha cobrado importancia en el desarrollo de productos funcionales, rico en proteínas y lactosa representa una alternativa viable para el desarrollo de bebidas. La investigación tuvo como objetivo formular bebidas fermentadas a partir de diferentes proporciones de leche y lactosuero, con el propósito de valorizar este subproducto de la industria láctea, integrando la pulpa de pitahaya para mejorar sus propiedades sensoriales y evaluar su aceptación. Se elaboraron cuatro formulaciones variando las proporciones de pulpa (22% y 32%) y la relación suero/leche (30/70 y 50/50). Las bebidas fueron sometidas a una fermentación durante 8 horas a 45 °C utilizando cultivos lácticos mixtos (*Lactobacillus delbrueckii sp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*). Posteriormente se realizaron análisis para los parámetros químicos de pH y °Brix por triplicado, utilizando el método de comparación LSD, con el fin de identificar diferencias significativas entre cada tratamiento. Asimismo, se llevó a cabo una evaluación sensorial afectiva con 50 consumidores. Después del proceso de fermentación, las bebidas mostraron una disminución significativa en los valores de pH (5.98 a 4.10) y °Brix (13.83 a 9.77), confirmando la actividad metabólica de las bacterias ácido-lácticas, indicando que el proceso de fermentación se llevó a cabo de manera positiva. En cuanto a la evaluación sensorial, la formulación con 32% de pulpa y 30/70 de suero/leche fue la más aceptada por los panelistas, reflejando diferencias significativas en cuanto a sabor con un promedio de 7.12 y un índice de aceptabilidad del 79.11% en sabor. Finalmente, la formulación que integró el lactosuero y leche con proporción de 30/70 y utilizando pulpa de pitahaya a una proporción de 32 %, presentó propiedades de pH y °Brix adecuados, evidenciando un proceso de fermentación positivo.

Palabras claves: Lactosuero, Bebidas fermentadas, Lactosa, Fermentación láctica, Cultivos lácteos.

I. INTRODUCCIÓN

El lactosuero es uno de los productos más representativos en la industria láctea, el importante valor nutricional e impacto ambiental que este genera ha despertado interés en el aprovechamiento del mismo (Parra 2009). En la industria láctea de Honduras, especialmente en el departamento de Olancho, que se posiciona como líder en la producción de leche, se genera este subproducto poco valorado, resultado del procesamiento de quesos y otros productos lácteos (Montes y Sandoval 2004).

A pesar de su alto contenido nutricional y su potencial funcional, el lactosuero suele ser tratado como un simple desecho. Sin embargo, este subproducto ofrece oportunidades aún no completamente exploradas. En este contexto, surge esta investigación, enfocada en el desarrollo de bebidas fermentadas que aprovechan el lactosuero y las pulpas de fruta, como la pitahaya, con el objetivo de valorizar estos recursos y obtener productos innovadores con propiedades nutricionales y sensoriales atractivas (Muset y Castells 2020).

Ya que, en los últimos años, las bebidas fermentadas han ganado popularidad debido a sus beneficios para la salud y su contenido de probióticos que ejercen efectos positivos en la microbiota intestinal, contribuyendo al bienestar general. El lactosuero, rico en lactosa y otros nutrientes, se convierte en un sustrato ideal para el crecimiento de estos microorganismos, permitiendo la elaboración de bebidas fermentadas con alto valor nutricional (Londoño et al. 2008).

Bajo los principios descritos por Montesdeoca *et al.* (2017), los cuales apuntan que entre los productos de exitosa aceptación que emergen del suero debido a su grado de calidad alimenticia y aceptable sabor, se encuentra la mezcla de suero con jugos frescos de frutas; Es por ello que se empleó el uso de pulpa de fruta.

La pitahaya, posee características organolépticas únicas, así como riqueza en vitaminas, minerales y compuestos bioactivos con altas propiedades antioxidantes que podría mejorar significativamente la calidad nutricional de nuestros productos

A través de los resultados de esta investigación se pretende ampliar el conocimiento sobre el potencial de este subproducto poco utilizados en la industria alimentaria y, al mismo tiempo, contribuirán al desarrollo de nuevos productos que beneficien tanto a la industria como. a los consumidores.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Formular bebidas fermentadas a partir de diferentes proporciones de leche y lactosuero, con el propósito de valorizar este subproducto de la industria láctea, integrando la pulpa de pitahaya para mejorar sus propiedades sensoriales y evaluar su aceptación.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de dos concentraciones de pulpa y del lactosuero proveniente de la elaboración de queso fresco en la formulación de bebidas fermentadas, analizando su influencia sobre las propiedades químicas de las bebidas.
- Evaluar sensorialmente el grado de aceptación de las bebidas por medio de características como ser sabor, color, aroma, textura y aceptación general.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Lactosuero

El lactosuero (LS) es el líquido remanente que resulta de la coagulación de las proteínas caseicas de la leche durante la elaboración de queso (Gurrola *et al.* 2017). Durante el procesamiento de la leche para elaboración de diferentes productos lácteos, se provoca la concentración de los sólidos de la leche y la liberación de lactosuero que equivale a un 83 % aproximado del volumen de leche utilizada como materia prima (Arteaga *et al.* 2009).

3.1.1 Generación y manejo del lactosuero en Honduras

Honduras produce entre 600 a 700 millones de litros de leche, producción que ha mermado por los efectos de la sequía y el cambio climático (SAG 2023). Produciendo grandes cantidades de suero lácteo. A diferencia de países económicamente desarrollados, en Honduras como el resto de los países latinoamericanos el lactosuero es aprovechable, en mínimas cantidades es utilizado para alimentación de animales, como cerdos y bovinos; y la mayor parte es desechada a los ríos y lagunas, provocando un incremento en los niveles de contaminación de suelos y aguas (Cuellas y Wagner 2011).

3.1.2 Impacto ambiental del lactosuero sin tratamiento

La industria láctea, genera subproductos cuya disposición es ampliamente cuestionada. Actualmente, la producción de lactosuero generados por la industria quesera constituye un gran impacto ambiental que tienen como destino las fuentes de agua, la atmosfera o los

lugares para disposición final de los mismos (González 2015). En este sentido, Asas *et al.* (2021), afirma que el suero lácteo que se vierte al drenaje; representa un grave problema ambiental, ya que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 3,5 kg y la demanda química de oxígeno (DQO) de 6,8 kg por cada 100 kg de suero, representa una fuerza contaminante equivalente a las aguas residuales producidas por 45 personas/día.

3.1.3 Composición química del lactosuero

La composición química del lactosuero depende principalmente de la leche y técnicas de procesamiento empleadas durante la elaboración del queso del cual proviene (Dragone *et al.* 2009). No obstante, en términos generales, el lactosuero es una buena fuente de nutrientes esenciales, convirtiéndolo en un ingrediente valioso para la producción de alimentos y bebidas (Smithers 2008).

Tabla 1. Composición química del suero lácteo

Componentes	Porcentaje (%)
Agua	93
Sólidos totales	7
Lactosa	4.9 – 5.1
Materia grasa	0.3
Cenizas	0.6
Proteína total	0.9
Proteínas nitrogenadas no coagulables	0.4

Fuente: Muehlhoff *et al.* (2013)

3.1.4 Propiedades funcionales del lactosuero

Desde el punto de vista tecnológico, la proteína es la fracción más versátil e importante de los componentes del lactosuero. Las proteínas del suero suponen entre el 20% y el 40% de

su composición total. La mayoría de las proteínas del lactosuero, β -lactoglobulina y α -lactoalbúmina, contribuyen a las propiedades funcionales de los ingredientes de proteínas (Flett y Corredig 2009), dentro de estas propiedades se tienen la solubilidad, hidratación, emulsificación, textura y consistencia, formación de espuma, y propiedades de gelificación de las proteínas de lactosuero (Spellman *et al.* 2009).

3.1.5 Compuestos bioactivos del suero lácteo

Mazorra y Moreno (2019) en su estudio Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal, hacen una recopilación sobre los principales compuestos funcionales que se encuentran en el suero lácteo. Entre los compuestos bioactivos de mayor relevancia destacan:

- **Proteínas y Péptidos:** Incluyen β -lactoglobulina, que estimula funciones intestinales y tiene propiedades anticarcinogénicas, y α -lactoalbúmina, con efectos citotóxicos hacia células tumorales.
- **Lípidos:** Contienen fosfolípidos de membrana y esfingolípidos, que tienen propiedades bioactivas asociadas con la modulación de funciones fisiológicas y procesos patológicos.
- **Lactosa y GOS:** La lactosa estimula la absorción de calcio y favorece el crecimiento de bifidobacterias. Los galacto-oligosacáridos tienen efectos prebióticos y antiinflamatorios.
- **Péptidos Bioactivos:** Derivados de la hidrólisis de proteínas del suero, estos péptidos tienen actividades beneficiosas como antihipertensiva, antioxidante y antimicrobiana.

3.1.6 Importancia del lactosuero como subproducto de la industria láctea

Lo más común en pequeñas empresas, es utilizar el suero primario para la obtención de un segundo queso llamado requesón, después de este proceso el suero con menor propiedades

nutricionales es utilizado para la alimentación directa de animales. No obstante, hoy en día, una de las principales formas de aprovechar el valor del suero, es a través de su transformación a polvo, el suero ya convertido en polvo puede ser utilizado en la elaboración de otros productos ya sea en panadería, confitería o embutidos. El suero también puede ser usado en la elaboración de bebidas que utilizan saborizantes naturales como pulpa de frutas y cereales con el propósito de aprovechar las bondades nutricionales del suero y el buen sabor de las frutas (Torres y Romero 2020).

3.2 Bebidas lácteas a base de lactosuero

Una línea de producción creciente para el aprovechamiento del lactosuero, son las bebidas lácteas no fermentadas y fermentadas con bacterias ácido-lácticas, las cuales generalmente se mezclan con frutas o saborizantes (Montesdeoca *et al.* 2017). El consumo de bebidas lácteas a base de lactosuero ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, debido a los beneficios para la salud que ofrecen y a su agradable sabor. Se espera que este crecimiento continúe en el futuro, impulsado por la creciente demanda de productos lácteos saludables, funcionales e innovadores (Muset y Castells 2020).

3.2.1 Bebidas lácteas no fermentadas

Diversos estudios previos como la investigación realizada por Endara (2002), se señala que las bebidas lácteas no fermentadas a base de suero lácteo son productos líquidos elaborados a partir de la mezcla del suero de leche con pulpa de frutas, azúcares, y otros ingredientes opcionales. A diferencia de las bebidas lácteas fermentadas, estas no pasan por un proceso de fermentación. Así mismo, pueden presentar diferentes sabores y texturas, desde bebidas refrescantes hasta productos más densos.

Las bebidas lácteas no fermentadas, permiten aprovechar el valor nutricional del suero lácteo, diversificando las opciones de consumo de productos lácteos, estas bebidas pueden ser bebidas de hidratación, refrescantes o complementos nutricionales (Rodríguez *et al.* 2020).

3.2.2 Bebidas lácteas fermentadas

Las bebidas lácteas fermentadas a partir de suero lácteo (BLFS) se han convertido en una alternativa atractiva en la industria alimentaria, no solo por su sabor agradable y refrescante, sino también por su alto valor nutricional y su contribución a la sostenibilidad de la industria láctea. Las BLFS se obtienen mediante la fermentación del suero lácteo con cultivos de bacterias lácticas, como *Lactobacillus* y *Streptococcus*, que transforman los azúcares presentes en el suero, principalmente lactosa, en ácido láctico y otros compuestos. Este proceso transforma los componentes del suero en compuestos bioactivos, metabolitos con propiedades funcionales y características sensoriales atractivas (León *et al.* 2020).

Algunas de las principales ventajas de las BLFS incluyen su alto valor nutricional, su efecto probiótico, su potencial para mejorar la digestibilidad de la lactosa y su contribución a la reducción del impacto ambiental de la industria láctea (Chong *et al.* 2023).

3.3 Pitahaya (*Hylocereus* spp.)

Hylocereus es un cactus nativo americano de hábitos variados y ampliamente distribuido desde la costa de Florida hasta Brasil. La fruta es conocida bajo varios nombres comerciales y nativos, pero "pitahaya" o "pitaya" prevalece en todas partes (Tang *et al.* 2021, Ortiz Hernández y Carrillo Salazar 2012). Entre ellos, la pitahaya roja (*Hylocereus* spp.), frutas con piel y pulpa rojas (*Hylocereus polyrhizus*) o blanca (*Hylocereus undatus*) son las especies comerciales más comunes (Le Bellec *et al.* 2006).

3.3.1 Composición química y nutricional de la pitahaya.

La pitaya es una fruta tropical de alto valor nutricional, caracterizada por su riqueza en minerales, glucosa, fructosa, fibra, antioxidantes y vitaminas (Yasmin *et al.* 2024). Entre sus compuestos más destacados, la vitamina C es la más abundante, y su contenido mineral supera al de otras frutas tropicales como el mango, el mangostán y la piña, especialmente en

potasio, fósforo, sodio y magnesio (Sim Choo y Khing Yong 2011). Gracias a esta composición, la pitaya se ha convertido en una especie de fruta económica de gran importancia a nivel mundial (Rifat *et al.* 2019) y ha ganado popularidad en disciplinas nutricionales y médicas debido a sus beneficios para la salud (Sonawane 2017).

Sin embargo, su composición nutricional no es estática, ya que varía en función de las condiciones estacionales de cosecha y los procesos de manipulación (Liaotrakoon 2013). Además, factores ambientales como el clima y el tipo de suelo influyen significativamente en sus características fitoquímicas y en la concentración de sus nutrientes, generando diferencias sustanciales en su perfil nutricional (Nurul y Asmah 2014, Bishoyi *et al.* 2024).

Tabla 2. Composición bioquímica de la pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*), en base a 100 g de pulpa fresca.

Componentes	Porcentaje (%)
Humedad	80 %
Proteínas	0.4 – 2.2 g
Carbohidratos	8.5 - 13 g
Grasa	0.4 g
Cenizas	0.54 g
Vitamina C	20.5 mg
Betacianina	10.3 mg
Fibras dietéticas	30 mg
Hierro	1.9 mg
Fósforo	22.5 mg

Fuente: (De Mello *et al.* 2014, El-Nashar *et al.* 2024, Nurhadi *et al.* 2024, Reyes-García *et al.* 2024, Zhuang *et al.* 2012)

3.3.2 Propiedades funcionales de la pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*)

En los últimos años, el creciente interés por una alimentación saludable ha impulsado la preferencia por productos frutales debido a su alto contenido de nutrientes. Entre ellos, la

pitahaya (*Hylocereus spp.*) ha ganado relevancia por ser una fuente prometedora de compuestos bioactivos con efectos beneficiosos para la salud. (Tang *et al.* 2021). Las principales propiedades beneficiosas a la salud que este fruto posee son:

- **Propiedades anticancerígenas:** Los compuestos antioxidantes de la pitahaya, como las betalaínas y polifenoles, protegen contra el estrés oxidativo, un factor clave en el desarrollo del cáncer. Se ha demostrado que estos compuestos inhiben el crecimiento de células cancerosas y promueven la apoptosis en líneas celulares de cáncer de mama y colon (Wu *et al.* 2006). Además, los extractos de pitahaya han mostrado capacidad para reducir la angiogénesis, impidiendo la formación de nuevos vasos sanguíneos que alimentan tumores (Padmavathy *et al.* 2021).
- **Efecto hipolipídico y cardiovascular:** El consumo de pitahaya ha mostrado reducir los niveles de colesterol total y LDL, al tiempo que incrementa el colesterol HDL. Este efecto se debe a su contenido de fibra dietética, polifenoles y betalaínas, los cuales reducen la absorción intestinal de grasas y previenen la oxidación del colesterol LDL, un factor clave en la aterosclerosis (Holanda *et al.* 2021).
- **Propiedades hepatoprotectoras:** Los antioxidantes de la pitahaya, como la vitamina C y las betalaínas, protegen el hígado del daño oxidativo. Estudios en modelos animales han demostrado que el extracto de pitahaya reduce los niveles de ALT y AST, enzimas indicadoras de daño hepático, lo que sugiere su potencial para la prevención de enfermedades hepáticas (Parmar 2019, Yeh *et al.* 2020).
- **Potencial neuroprotector:** Los flavonoides y polifenoles de la pitahaya pueden proteger las neuronas al reducir la inflamación y el daño oxidativo. Se ha observado que su consumo mejora la memoria y el aprendizaje, lo que sugiere su posible aplicación en la prevención de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson (Rathi *et al.* 2023, Tamagno *et al.* 2022).

- **Propiedades antiinflamatorias:** La pitahaya contiene compuestos que inhiben la producción de citocinas proinflamatorias, reduciendo la inflamación crónica asociada con enfermedades cardiovasculares, artritis y trastornos autoinmunes (Nishikito *et al.* 2023). Estudios han demostrado que los extractos de pitahaya reducen significativamente los niveles de inflamación en modelos experimentales (Safira *et al.* 2021).
- **Actividad antiulcerosa y digestiva:** La fibra dietética de la pitahaya contribuye a la salud intestinal al favorecer el crecimiento de bacterias probióticas y reducir la acidez gástrica. Sus flavonoides y betalainas protegen la mucosa estomacal al aumentar la producción de moco y bicarbonato, lo que ayuda en la prevención y tratamiento de úlceras gástricas (Jadhav y Jadhav 2023).
- **Propiedades antioxidantes y antienvjecimiento:** La pitahaya es una fuente rica en antioxidantes como polifenoles, flavonoides y carotenoides, los cuales protegen las células del daño oxidativo y reducen el riesgo de enfermedades crónicas relacionadas con el envejecimiento (Singh y Kumar 2023).

3.3.3 Aplicaciones industriales de la pitahaya en la industria alimentaria

La industria alimentaria brinda una excelente alternativa para ser utilizado como ingrediente para obtener batidos de leche, helados, o bien para la realización de jaleas, pastas y conservas, mantecados, mermeladas, jugos, diversos dulces y pastelería e inclusive hasta saborizantes de licores, con variantes alimenticias son muy vastas (Muñoz y Urbina 2008).

La pitahaya posee un gran potencial en la industria alimentaria debido a su riqueza en compuestos bioactivos y pigmentos naturales. Su contenido en betalainas, específicamente betacianinas, la convierte en una fuente atractiva de colorantes naturales para diversos productos (Bishoyi *et al.* 2024). Estos pigmentos presentan estabilidad en un amplio rango de pH (4-7), lo que los hace adecuados para su uso en alimentos poco ácidos, como los productos lácteos, así como en cosméticos y otras formulaciones industriales (Bishoyi *et al.*

2024, Muñoz y Urbina 2008). Además, la pulpa de pitahaya, que representa aproximadamente dos tercios del fruto, contiene alrededor de 10.3 mg de betacianinas, lo que refuerza su aplicación como colorante natural en la formulación de batidos, helados, jaleas, conservas y productos de repostería (Ali y Rahut 2019).

En el ámbito de los alimentos funcionales, la pitahaya destaca por su contenido en compuestos bioactivos con efectos antioxidantes y beneficios fisiológicos que van más allá de su valor nutricional básico. Su incorporación en bebidas funcionales es una de las áreas de mayor crecimiento dentro de la industria, debido a su facilidad de formulación, almacenamiento y distribución. Además, la versatilidad de su composición permite mejorar la bioaccesibilidad y biodisponibilidad de sus nutrientes, lo que la posiciona como un ingrediente clave en el desarrollo de productos nutracéuticos y en la innovación dentro del sector alimentario (Corbo *et al.* 2014, Tolun y Altintas 2019).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Lugar de la investigación

La investigación se realizó en el laboratorio de la planta de Procesamiento de Lácteos ubicada en la Universidad Nacional de Agricultura, esta es una institución pública de Educación Superior ubicada en la ciudad de Catacamas, Olancho, Honduras.

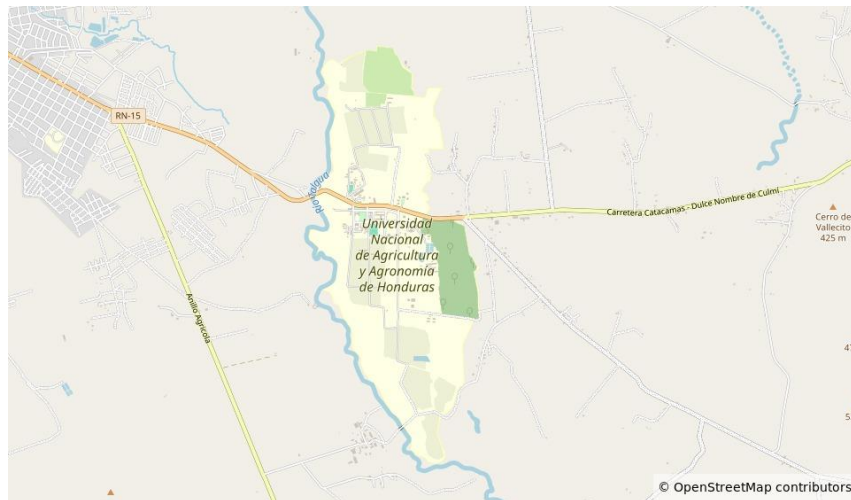


Figura 1. Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en Catacamas, Honduras.

Fuente: Google mapa (2025)

4.2 Metodología experimental

La primera parte experimental consistió en elaborar cuatro bebidas fermentadas a base de suero, leche, pulpa de pitahaya, azúcar blanca y cultivos lácteos mixtos. Las materias primas utilizadas en la elaboración de la bebida fueron:

Suero dulce de queso y leche previamente pasteurizado, pulpa de pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) y azúcar blanca de caña. Para la fermentación se utilizaron bacterias liofilizadas YoFlex® Mild 1.0 con las cepas (*Lactobacillus delbrueckii sp. Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*).

4.3 Obtención del suero lácteo

El suero fue obtenido de la planta de lácteos de la misma universidad, se utilizó suero dulce, fresco y pasteurizado, procedente de la elaboración de queso fresco. La pasteurización del suero se realizó mediante una pasteurización abierta, a una temperatura de 75 °C durante un tiempo de 15 minutos.

4.4 Obtención de cultivos lácteos mixtos

Las cepas de bacterias ácido lácticas se obtuvieron de los cultivos comerciales disponibles en el mercado, se usaron bacterias liofilizadas de la marca “yoflex®mild 1.0” con las cepas (*Lactobacillus delbrueckii sp. Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) empleadas para la elaboración de yogurt líquido.

4.5 Preparación de la bebida fermentada

4.5.1 Obtención de las pulpas

El fruto de pitahaya se obtuvo en la ciudad de Catacamas, Olancho (Comprada a productor local) después de su compra se procedió a realizar el lavado pelado, cortado, para realizar la pulverización en licuadora fue necesaria la adición de agua purificada en relación p/p 3:1.

4.5.2 Activación de las bacterias liofilizadas y fermentación de la bebida

Para la activación de las bacterias se inoculó 1 g de cultivo liofilizado en 250 ml de leche a 45 °C, en un matraz de 500 ml y se llevaron a incubación durante un tiempo de 24 horas a 45°C (Anexo 2). Para la fermentación se adicionaron 1.5 ml del inóculo activo de cultivos mixtos lácteos a un volumen de 150 ml de bebida en un matraz de 500 ml y se dejó la bebida fermentar en una incubadora modelo ON-12G, por un tiempo de 8 horas a 45 °C.

4.6 Formulaciones base de las bebidas

En la tabla 3 se muestran las formulaciones base para el desarrollo de las bebidas, se diferenciaron entre ellas por las bases de suero y pulpa.

Tabla 3. Formulaciones para el desarrollo de las bebidas.

Ingredientes	Formulaciones (%p/p)			
	(32%) Pulpa 30/70 Suero/Leche	(32%) Pulpa 50/50 Suero/Leche	(22%) Pulpa 30/70 Suero/Leche	(22%) Pulpa 50/50 Suero/Leche
Suero	19.293	19.293	22.14	22.14
Leche	45.017	45.017	51.66	51.66
Pulpa de pitahaya	32.15	32.15	22.14	22.14
Azúcar	3.15	3.15	3.62	3.62
Cultivo	0.39	0.39	0.44	0.44
Total	100	100	100	100

La Tabla 3 muestra las formulaciones utilizadas para cada tratamiento, presentando diferenciación en los porcentajes de pulpa de pitahaya y la base de suero y leche utilizada.

4.7 Mediciones Analíticas

- pH

Las mediciones de pH se le realizaron a la pulpa de pitahaya y a la bebida antes y después de fermentar, se hizo uso de un pHmetro OHAUS STARTER 2100, el cual fue calibrado antes de iniciar la medición. Se midió directamente el valor de pH de la muestra por triplicado, introduciendo el electrodo del pHmetro en un beaker con el jugo o pulpa procedente de la trituración de la fruta, obteniendo así el valor del pH. Después de la medición de cada muestra se lavó el electrodo con abundante agua destilada.

- **Sólidos solubles (°Brix)**

Para medir el contenido de sólidos solubles se utilizó un refractómetro manual BOECO GERMANY de 0 a 32 °Brix y se calibró entre cada medición con agua destilada. Se le adicionó en el prisma 2 gotas de pulpa a utilizar en las bebidas, se tomaron tres mediciones por cada muestra y los resultados fueron expresados en sólidos solubles (°Brix), cabe resaltar que se le midió el contenido de sólidos solubles a la pulpa de pitahaya, y a la bebida antes y después de fermentar.

4.7.1 Lactosuero y leche

El suero y la leche fue caracterizada haciendo uso del Lactoscan (equipo digital y computarizado, en el que se colocan muestras de 10ml de leche o suero y se activa la lectura, para obtener diferentes valores del análisis, como ser: % proteína, % grasas, % lactosa y % de agua), refractómetro, pHmetro y equipo de laboratorio para acidez titulable, se utilizaron para medir las variables de °Brix, pH, % acidez.

4.8 Evaluación Sensorial

Se evaluaron sensorialmente las dos formulaciones, se utilizó un formato de escala lineal no estructurada con valores de 0 a 9 puntos (Anexo 1). Se utilizaron 50 panelistas no entrenados, quienes evaluaron las características de color, aroma, sabor, textura y aceptación general. El tamaño de las muestras fue de 10 ml, previamente enfriadas a una temperatura de 3°Celsius.

Las muestras se sirvieron en vasos de degustación transparentes, utilizando como borrador o neutralizador de sabor agua purificada. Con los resultados obtenidos del análisis sensorial se calculó el índice de aceptabilidad para cada bebida. La evaluación se realizó en un aula de la universidad, en un horario de 8 p.m. a 10 p.m.

4.9 Índice de aceptabilidad

Con los datos de evaluación sensorial se calculó el índice de aceptabilidad (IA) individualmente para cada característica sensorial de cada formulación y según la siguiente expresión:

$$IA (\%) = A \times 100/B$$

Donde: “A” es la puntuación media obtenida para el producto por cada característica y “B” es la calificación máxima otorgada al producto, siendo considerado IA con buena aceptación $\geq 70\%$. Nota máxima 15, corresponde al 100% de aceptabilidad (Guedes *et al.* 2013)

4.10 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de LSD al 95 % de confianza, los resultados se obtuvieron por medio de un análisis sensorial completamente aleatorizado con 50 consumidores.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización de la pulpa de pitahaya

En la Tabla 4 se presentan los valores de °Brix y pH de la pulpa de pitahaya, la cual mostró un contenido de sólidos solubles de 14.13 % y un pH de 4.27. Estos resultados son comparables con los reportados por Vaillant *et al.* (2005) quienes informaron valores similares para la pulpa de pitahaya, 10.7 % de sólidos solubles y un pH de 4.7. De manera similar, Díaz (2005) proporcionó datos de 12 % de °Brix y un pH de 3.7, los cuales también guardan relación con los obtenidos en este estudio.

Tabla 4. Valores resultantes de las mediciones fisicoquímicas de la pulpa.

Pulpa	°Brix	pH
Pitahaya	14.13 ± 1.01	4.27 ± 0.22

5.2 Caracterización fisicoquímica de leche y suero

En la Tabla 5 se presenta los valores de °Brix, pH, porcentaje de acidez, porcentaje de grasa, porcentaje de proteínas y porcentaje de lactosa contenidas en la leche y suero dulce utilizado en la formulación de las bebidas. En el caso de la leche se obtuvieron valores de °Brix 11.23 %, pH 5.22, porcentaje de acidez 0.13, porcentaje de grasa 3.53%, porcentaje de proteína 2.89% y porcentaje de lactosa 4.34%. estos resultados son comparables con los reportados por Angulo *et al.* (2013) quienes obtuvieron un valor de °Brix 9.9 %. En cuanto a porcentaje de proteína, porcentaje de lactosa y porcentaje de grasa, López *et al.* (2017) y Diver y

Oswaldo (2005), reportaron valores equivalentes a 3.32%, 4.87%, 3.40% así como 3.2 % 4.7% y 3.4%, respectivamente.

En cuanto al suero lácteo, se registraron valores de ° Brix de 6.9 %, pH 6.47, porcentaje de acidez 0.12, porcentaje de grasa 4.13 %, porcentaje de proteínas 3.29 % y porcentaje de lactosa de 4.93%. Estos resultados se asemejan con los reportados por Alava Viteri *et al.* (2014) quienes informaron un pH de 6.52 y una acidez de 0.08%. De forma similar, Párraga *et al.* (2020) presenta valores cercanos en cuanto a la composición del suero lácteo, con un contenido de grasa de 4.1%, porcentaje de proteína de 3.36% y porcentaje de lactosa 4.3 %.

Desde el punto de vista tecnológico, la composición del suero lácteo es crucial en la formulación de bebidas fermentadas, un contenido alto de lactosa es esencial para la fermentación y el desarrollo de microorganismos probióticos, mientras que los niveles de proteínas y grasa afectan la estabilidad y textura del producto final. Investigaciones han demostrado que la composición del suero influye significativamente en las propiedades funcionales y nutricionales de los productos lácteos fermentados (Macwan *et al.* 2016).

Las bacterias ácido lácticas se desarrollan dentro de un rango de pH óptimo que favorece su crecimiento, Ossa *et al.* (2010) realizó un estudio en donde determinó que estas bacterias crecen en medios ligeramente ácidos, con valores de pH que oscilan entre 4.5 a 6.4. Un pH óptimo ayudará a prevenir el crecimiento de bacterias no deseadas, lo que extenderá la vida útil de un producto.(Argote 2022). Por ende, los valores de pH obtenidos en este estudio permitieron el crecimiento óptimo de las bacterias ácido lácticas.

Con los valores obtenidos, también se evidenció que el suero lácteo presentó un mayor contenido de lactosa en comparación al contenido de lactosa en la leche, con valores de 4.93% y 4.34%, respectivamente. Ambos valores se encuentran dentro del rango reportado en la literatura científica. Esta mayor concentración de lactosa en el suero se atribuye a la separación de los componentes durante el proceso de elaboración de queso fresco. Según Claudia *et al.* (2019), aproximadamente el 90% del volumen de leche utilizado en producción de queso se transforma en suero, el cual conserva aproximadamente el 55% de los nutrientes originales en la leche, siendo la lactosa uno de los principales constituyentes, con una

proporción que oscila entre 39% y 60 %. Estos datos respaldan la diferencia observada en los porcentajes de lactosa entre ambas materias y reafirman el comportamiento esperado durante el procesamiento lácteo.

De igual forma se observó que los valores de acidez titulable presente en la leche 0.13% y el suero 0.12% fueron muy similares, esto se debe a que, durante la coagulación enzimática de la leche para la elaboración de queso fresco, no ocurre una fermentación láctica significativa lo que permite que la mayor parte de compuestos ácidos presentes en la leche permanezcan en el suero sin alteraciones notables (Sbodio y Revelli 2012).

Tabla 5. Valores resultantes de las mediciones fisicoquímicas de leche y suero.

Materia	° Brix	pH	% Acidez	% Grasa	% Proteínas	% Lactosa
Leche	11.23 ± 0.57	6.45 ± 0.12	0.13 ± 0.018	3.53 ± 0.40	2.89 ± 0.04	4.34 ± 0.06
Suero	6.9 ± 0.44	6.47 ± 0.41	0.12 ± 0.009	4.13 ± 0.03	3.29 ± 0.01	4.93 ± 0.02

5.3 Caracterización de las bebidas, antes y después de la fermentación

Con el objetivo de evaluar las variaciones en las propiedades de las bebidas como resultado del proceso de fermentación (Anexo 3), se llevaron a cabo mediciones de °Brix y pH. La Tabla 6 presenta los resultados obtenidos, correspondientes a las mediciones realizadas (Anexo 4) tanto antes del inicio de la fermentación como después de 8 horas de proceso de fermentación.

Durante el proceso de fermentación de las bebidas formuladas con lactosuero y pulpa de pitahaya (*hylocereus polyrhizus*), se observó una disminución significativa tanto en los valores de °Brix como en el pH. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que indican que las bacterias ácido lácticas (BAL) metabolizan los azúcares presentes en los sustratos fermentados, produciendo ácidos orgánicos que reducen el pH del medio. Por ejemplo, Cele *et al.* (2022) realizó una investigación sobre la fermentación de jugo de mango

con distintas cepas de BAL y reportó una reducción del contenido de sólidos solubles y del pH, atribuido al consumo de azúcares y producción de ácido láctico durante la fermentación. Asimismo, en la fermentación de jugos de frutas y vegetales con cepas probióticas, se observó una disminución en los niveles de sólidos solubles y pH, siempre relacionada a la producción de ácidos orgánicos (Mantzourani *et al.* 2024).

Tabla 6. Mediciones fisicoquímicas de las bebidas, antes y después de la fermentación

Muestras	Sin Fermentar		Fermentada	
	°Brix	pH	°Brix	pH
Pitahaya (32%) 30/70	13.07 ± 0.20 ^{A b}	5.66 ± 0.28 ^{A c}	9.97 ± 0.25 ^{A d}	4.60 ± 0.05 ^{A b}
Pitahaya (32%) 50/50	13.80 ± 0.12 ^{A a}	5.66 ± 0.07 ^{A c}	11.90 ± 0.10 ^{A d}	4.51 ± 0.02 ^{A b}
Pitahaya (22%) 30/70	13.57 ± 0.25 ^{A ab}	5.98 ± 0.02 ^{A d}	11.83 ± 0.15 ^{A c}	4.21 ± 0.07 ^{A a}
Pitahaya (22%) 50/50	13.03 ± 0.15 ^{A b}	5.97 ± 0.17 ^{A d}	9.77 ± 0.15 ^{A d}	4.24 ± 0.07 ^{A a}

Los datos se representan como valores medios ± desviación estándar (n = 3). ^{a, b, c, d} El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p < 0,05). ^{A, B, C, D} El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p < 0,05).

El pH de las bebidas sin fermentar osciló entre 5.66 y 5.98, mientras que al finalizar el proceso de fermentación (Anexo 5) obtuvieron un pH de 4.21 a 4.60. La disminución del pH en bebidas fermentadas es común, ya que, durante la fermentación, los microorganismos convierten los azúcares presentes en ácidos orgánicos, predominando el ácido láctico. Velázquez-López *et al.* (2018), realizaron un estudio sobre la elaboración de BAL, en el cual se observó que el pH de la bebida disminuyó a valores entre 4 y 5, esta reducción se atribuyó al incremento del ácido láctico producido por las BAL durante la fermentación, lo cual contribuye a la seguridad y estabilidad del producto final.

Correa y Cuenca (2022), desarrollaron un estudio en el que observaron que, a lo largo de la fermentación, hubo una disminución tanto del pH como de los °Brix en las bebidas analizadas. Este comportamiento se atribuye al consumo de azúcares y su conversión en ácido láctico, es por ello que la investigación mostró disminución en °Brix, las bebidas antes de fermentar presentaban un valor de °Brix que oscilaban entre 13.80 a 13.03, mientras que al finalizar el proceso de fermentación (Anexo 6) descendieron a valores que oscilan de 11.90

a 9.77; De esa forma se respalda la observación de que la disminución de °Brix en bebidas fermentadas es una consecuencia directa de la actividad de las BAL, las cuales metabolizan los azúcares presentes en el sustrato, produciendo ácido láctico y reduciendo tanto el contenido de sólidos solubles como el pH del medio.

5.4 Evaluación sensorial de las bebidas.

Se llevo a cabo una evaluación sensorial afectiva con el propósito de determinar el grado de aceptación de las bebidas fermentadas a base de lactosuero con la adición de pulpa de pitahaya (*hylocereus polyrhizus*). Para ello, se contó con la participación de 50 consumidores, quienes evaluaron las características de color, aroma, sabor y textura. La evaluación se realizó mediante una escala hedónica de nueve puntos, donde 1 correspondía a me disgusta muchísimo y 9 a me gusta muchísimo (Anexo 1).

Tabla 7. Valores obtenidos por medio de evaluación afectiva

Muestras	Color	Aroma	Sabor	Textura
Pitahaya (32%) 30/70	7.48 ± 1.37 ^A	6.28 ± 2.18 ^A	7.12 ± 1.85 ^A	7.06 ± 1.88 ^A
Pitahaya (32%) 50/70	7.38 ± 1.41 ^A	5.88 ± 1.94 ^A	6.04 ± 1.95 ^B	6.58 ± 1.73 ^{AB}
Pitahaya (22%) 30/70	7.22 ± 1.13 ^A	6.04 ± 1.54 ^A	5.54 ± 2.07 ^B	6.14 ± 1.91 ^{AB}
Pitahaya (22%) 50/50	7.50 ± 1.46 ^A	6.00 ± 1.68 ^A	5.06 ± 2.04 ^B	6.52 ± 1.82 ^{AB}

A, B, C, D Valores en la misma fila seguidos por letras diferentes son significativamente distintos ($p < 0.05$). Los valores son expresados como Media ± DS (n = 3).

Los resultados de la evaluación sensorial afectiva de las bebidas fermentadas a base de lactosuero con adición de pulpa de pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) se presentan en la Tabla 7. En cuanto al atributo de color, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las muestras, ya que la mayoría fueron evaluadas con puntuaciones superiores a 7.0 en la escala hedónica, indicando una alta aceptación por parte de los panelistas. Esto sugiere que la concentración de pitahaya utilizada en las formulaciones no afectó negativamente la percepción visual del producto.

Respecto al aroma, los valores oscilaron entre 5.88 y 6.28, sin diferencias significativas ($p>0.05$) entre las muestras. Esto indica que la variación en la proporción de pitahaya y la relación de mezcla del sustrato (30/70 o 50/50) no influyó de manera notable en la percepción del aroma.

En el caso del sabor, se identificaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre las formulaciones. Las bebidas con 32% de pitahaya y una relación 30/70 de suero y leche obtuvo la mayor aceptación (7.12 ± 1.85), mientras que las formulaciones con menor concentración de pitahaya (22%) y relación 30/70 o 50/50 de suero/leche presentaron las puntuaciones más bajas (5.54 ± 2.07 y 5.60 ± 2.04 , respectivamente). Esto indica que una mayor concentración de pulpa de pitahaya favorece la aceptación sensorial del producto en términos de sabor.

En cuanto a la textura, los valores oscilaron entre 6.14 y 7.06, sin diferencias significativas entre algunas muestras. No obstante, la muestra con 32% de pitahaya y relación 30/70 presentó la mayor puntuación (7.06 ± 1.88), indicando una mejor percepción de este atributo.

Estos resultados indican que la formulación con 32% de pulpa de pitahaya y una relación de 30/70 de suero y leche fue la más aceptada en términos de color, aroma, sabor y textura, sugiriendo que esta combinación es la más favorable para el desarrollo de la bebida fermentada. Sin embargo, dado que las diferencias en algunos atributos no fueron significativas entre ciertas muestras, la selección final de una formulación óptima debe complementarse con otros criterios, como el índice de aceptabilidad, el cual permite determinar el nivel de preferencia general del producto y su viabilidad comercial.

5.5 Índice de aceptabilidad

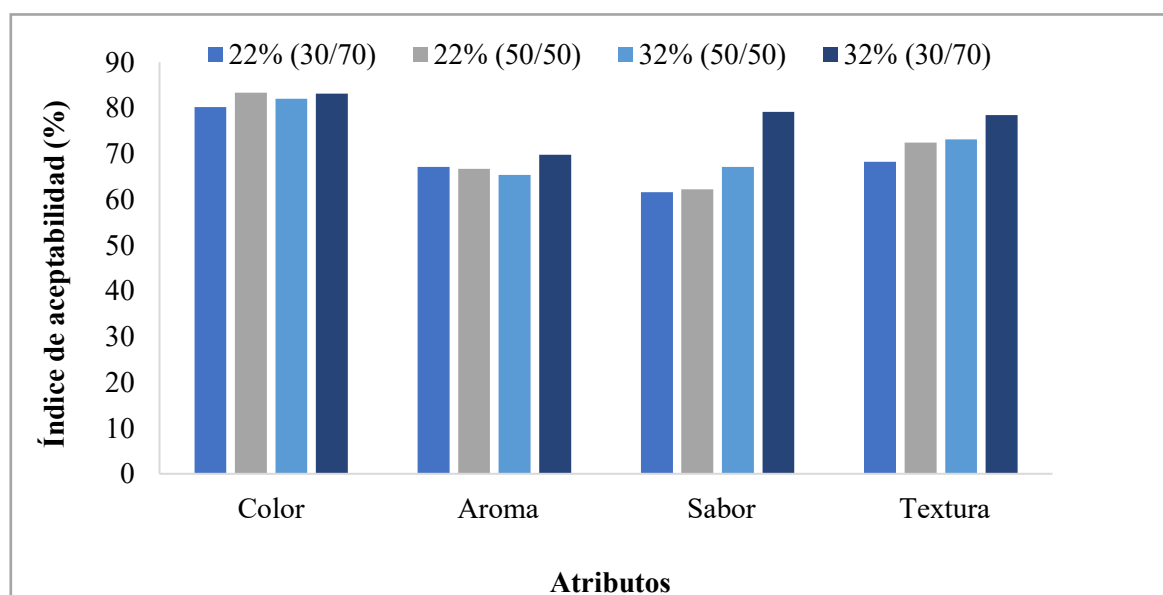
En la Figura 2 se presenta el índice de aceptabilidad de las bebidas fermentadas formuladas con diferentes proporciones de pulpa de pitahaya y suero lácteo. Se observa que el atributo de color obtuvo los valores más altos de aceptabilidad en todas las formulaciones, con índices

mayores al 80%, lo que indica que los consumidores percibieron positivamente el color característico de la pulpa de pitahaya en la bebida.

En cuanto al aroma, los valores de aceptabilidad fueron ligeramente menores al 70%, evidenciando una baja aceptación por parte de los consumidores, indicando que el aroma no fue aceptable para los consumidores.

El sabor mostró diferencias más marcadas entre las formulaciones, donde la muestra con 32% de pitahaya y 30/70 de suero/lácteo obtuvo el índice más alto, con un 79.11%. Este resultado puede atribuirse al mayor porcentaje de pulpa de pitahaya, lo que favoreció la percepción del sabor en esta formulación.

Figura 2. Índice de aceptabilidad de las bebidas para las variables de color, aroma, sabor y textura.



Por otro lado, el índice de aceptabilidad de la textura presentó valores similares entre las formulaciones, con una tendencia a ser mayor en aquellas con mayor proporción de pulpa de pitahaya (32%), lo que podría indicar que la presencia de esta fruta influye positivamente en la percepción de la textura.

En general, la formulación con 32% de pitahaya y 30/70 de suero/lácteo obtuvo la mayor aceptabilidad global, especialmente en los atributos de sabor y textura. Estos resultados sugieren que una mayor concentración de pitahaya en la bebida puede mejorar la aceptación sensorial del producto final.

VI. CONCLUSIONES

La formulación de bebidas fermentadas con lactosuero y dos concentraciones de pulpa de pitahaya (22% y 32%) permitió observar que la combinación de 30/70 de suero y leche con 32% de pulpa de pitahaya fue la más efectiva, ya que mostró un mejor comportamiento en el descenso del pH y °Brix, indicadores clave de una fermentación.

A través de la evaluación sensorial afectiva se determinó que las bebidas fueron aceptadas por los panelistas, especialmente aquellas con mayor porcentaje de pulpa. El índice de aceptabilidad respalda estos hallazgos, demostrando que la formulación con 32% de pulpa de pitahaya y 30/70 de suero/leche obtuvo la mayor aceptabilidad sensorial.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar métodos alternativos para la determinación de acidez titulable en matrices con pigmentos intensos, como el uso de indicadores apropiados que no se vean afectados por el color de la pulpa de pitahaya.

Se incita a incorporar análisis de compuestos bioactivos presentes en la pulpa de pitahaya (como betalainas, antioxidantes y fibra) para determinar su estabilidad y funcionalidad tras el proceso de fermentación.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alava Viteri, C; Gómez de Illera, M; Maya Pantoja, JA. 2014. Caracterización fisicoquímica del suero dulce obtenido de la producción de queso casero en el municipio de Pasto. Revista colombiana de investigaciones agroindustriales 1:22. DOI: <https://doi.org/10.23850/24220582.110>.
- Angulo, R; Beltrán, P; Fernández, G; Fuentes, R; Leyva, C; Pardo, F. 2013. Efecto de concentraciónde sólidos en la temperatura de ebullición de la leche de cabra y vaca. Agroindustrial Science 2:101-106.
- Argote, A. 2022. Medición de pH en la industria de alimentos. .
- Ali, A; Rahut, DB. 2019. Healthy Foods as Proxy for Functional Foods: Consumers' Awareness, Perception, and Demand for Natural Functional Foods in Pakistan. International Journal of Food Science 2019:1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/6390650>.
- Arteaga, M; Molina, LH; Pinto, M; Brito, C. 2009. Caracterización de queso Chanco enriquecido con suero lácteo en polvo. Revista Chilena de Nutricion 36(1). DOI: <https://doi.org/10.4067/s0717-75182009000100006>.
- Asas, C; Llanos, C; Matavaca, J; Verdezoto, D. 2021. El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. Agroindustrial Science 11(1).
- Le Bellec, F; Vaillant, F; Imbert, E. 2006. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): A new fruit crop, a market with a future. vol.61. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits:2006021>.
- Bishoyi, AK; Saeed, F; Shehzadi, U; Shankar, A; Balaji, J; Kaur, J; Afzaal, M; Imran, A; Rasheed, M; Hussain, B; Hussain, M; Ahmed, A; Islam, F; Kinki, AB. 2024.

- Nutritional composition, phytochemical profile, and health benefits of *Hylocereus Undatus* (pitaya): A comprehensive review. *eFood* 5(5). DOI: <https://doi.org/10.1002/efd2.70017>.
- Cele, NP; Akinola, SA; Manhivi, VE; Shoko, T; Remize, F; Sivakumar, D. 2022. Influence of Lactic Acid Bacterium Strains on Changes in Quality, Functional Compounds and Volatile Compounds of Mango Juice from Different Cultivars during Fermentation. *Foods* 11(5). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11050682>.
- Claudia, A; Lopes, A; Eda, SH. 2019. beverages — potentials and, Elsevier Inc. 577-603 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815271-3.00014-2>.
- Chong, AQ; Lau, SW; Chin, NL; Talib, RA; Basha, RK. 2023. Fermented Beverage Benefits: A Comprehensive Review and Comparison of Kombucha and Kefir Microbiome. *MDPI*, vol.11. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051344>.
- Correa, AR; Cuenca, M. 2022. Evaluation of lactic acid fermentation in a dairy and non-dairy beverage using two commercial starter cultures. *Vitae* 29(2):1-8. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v29n2a347447>.
- Corbo, MR; Bevilacqua, A; Petruzzi, L; Casanova, FP; Sinigaglia, M. 2014. Functional Beverages: The Emerging Side of Functional Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 13(6):1192-1206. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12109>.
- Cuellas, A; Wagner, J. 2011. Elaboración de bebida energizante a partir de suero de quesería. *INNOTEC* 5. DOI: <https://doi.org/10.26461/05.09>.
- Díaz, J. 2005. Biología y manejo postcosecha pitahaya roja y amarilla (*Hylocereus spp.*, y *Selenicereus spp.*). p. 44-49.
- Diver, A; Oswaldo, BM. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación* 2(1):38-42.

- Dragone, G; Mussatto, SI; Oliveira, JM; Teixeira, JA. 2009. Characterisation of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. Food Chemistry 112(4). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.005>.
- El-Nashar, HAS; Al-Azzawi, MA; Al-Kazzaz, HH; Alghanimi, YK; Kocaebli, SM; Alhmammi, M; Asad, A; Salam, T; El-Shazly, M; Ali, MAM. 2024. HPLC-ESI/MS-MS metabolic profiling of white pitaya fruit and cytotoxic potential against cervical cancer: Comparative studies, synergistic effects, and molecular mechanistic approaches. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 244:116121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2024.116121>.
- Endara, A. 2002. Elaboración de una bebida a partir del suero de queso y leche descremada con sabor a mango. Consultado 20 may 2024.
- Flett, KL; Corredig, M. 2009. Whey protein aggregate formation during heating in the presence of κ -carrageenan. Food Chemistry 115(4):1479-1485. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2009.01.077>.
- González, M de J. 2015. Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea. Mundo pecuario 8(1).
- Guedes, AFLM; Machado, ECL; Fonseca, MC; Andrade, SAC; Stamford, TLM. 2013. Aproveitamento de soro lácteo na formulação de bebidas com frutas e hortaliças. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 65(4):1231-1238. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000400040>
- Gurrola, LR; Chávez, A; Rentería, A; Rodríguez, J. 2017. Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades. Interciencia 42(11).
- Hansen, Chr. (2006). Ficha técnica Yo-Flex.
- Holanda, MO; Lira, SM; Silva, JYG da; Marques, CG; Coelho, LC; Lima, CLS; Costa, JTG; Silva, GS da; Santos, GBM; Zocolo, GJ; Dionísio, AP; Guedes, MIF. 2021. Intake of pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (F.A.C. Weber) Britton & Rose) beneficially affects the cholesterolemic profile of dyslipidemic C57BL/6 mice. Food Bioscience 42:101181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101181>.

- Islam, MZ; Tabassum, S; Harun-ur-Rashid, M; Vegarud, GE; Alam, MS; Islam, MA. 2021. Development of probiotic beverage using whey and pineapple (*Ananas comosus*) juice: Sensory and physico-chemical properties and probiotic survivability during in-vitro gastrointestinal digestion. Journal of Agriculture and Food Research 4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100144>.
- Jadhav, SB; Jadhav, NY. 2023. An eye catching and comprehensive review on dragon fruit (An exotic super fruit). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 12(6). DOI: <https://doi.org/10.22271/phyto.2023.v12.i6c.14790>.
- León, A; Pérez, X; Campos, G; Campos, R; Aguirre, G. 2020. Characterization of whey-based fermented beverages supplemented with hydrolyzed collagen: Antioxidant activity and bioavailability. Foods 9(8). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9081106>.
- Liaotrakoon, W. 2013. Characterization of dragon fruit (*Hylocereus spp.*) componentes with valorization potencial. University Ghent 1.
- Londoño, M; Sepúlveda, J; Hernández, A; Parra, J. 2008. Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 61(1):4409-4421. Consultado 28 may 2024.
- López, A; Rodas, S; Baño, D; Muñiz, R; Cuevas-Valdés, M; de la Roza-Delgado, B; Calderón, A; García, F; Martínez, G; Ii, P; Iii, P; Iv, P; Vi, P; Recopilar, EE; Conjunto, D; Poblaci, V; Media, S; Desviaci, M; Puntuaci, P; Andrade, OS.; Ayala, LE.; Nieto, PE.; Pesántez, JL; Rodas, ER.; Vázquez, JM.; Murillo, YA.; Aguilar, YM.; Serpa, VG.; Dután, JB.; Bustamante, JG.; Calle, GR.; Abad, VL.; Palacios, M.; Gaspar, G; Molina, B; Coca, R; González, G; Molina, B; Coca, R; Magari, H. 2017. Indicators of Raw Milk Quality in Different Regions of Colombia. Revista MVZ Córdoba 11(1):725-737.
- Macwan, SR; Dabhi, BK; Parmar, SC; Aparnathi, KD. 2016. Whey and its Utilization. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 5(8):134-155. DOI: <https://doi.org/The type and composition of whey at dairy plants mainly depends upon the processing techniques used for casein removal from liquid milk>.

- Mantzourani, I; Nikolaou, A; Kourkoutas, Y; Alexopoulos, A; Dasenaki, M; Mastrotheodoraki, A; Proestos, C; Thomaidis, N; Plessas, S. 2024. Chemical Profile Characterization of Fruit and Vegetable Juices after Fermentation with Probiotic Strains. *Foods* 13(7):1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13071136>.
- Mazorra, MÁ; Moreno, JM. 2019. Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. *CienciaUAT* 14(1). DOI: <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1134>.
- De Mello, FR; Bernardo, C; Dias, CO; Bosmuler Züge, LC; Meira Silveira, JL; Amante, ER; Bileski Candido, LM. 2014. Evaluation of the chemical characteristics and rheological behavior of pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. *Fruits* 69(5). DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2014028>.
- Montes, N; Sandoval, A. (2004). Diagnóstico sub-sector lácteo. Tegucigalpa, Francisco Morazán.
- Montesdeoca, R; Benítez, I; Guevara, R; Guevara, G. 2017. Procedimiento para la producción de una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero. *Revista Chilena de Nutricion* 44(1). DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-75182017000100006>.
- Moreno, B; Deaquiz, Y. 2016. Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus Macfad*). *Acta Agronómica* 65(2). DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.45587>.
- Muehlhoff, E; Bennett, A; McMahon, D; FAO (Food and Agriculture Organization). 2013. Milk and dairy products in human nutrition. 376 p.
- Muset, G; Castells, M. 2020. Valorización del lactosuero. INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial).
- Nishikito, DF; Borges, ACA; Laurindo, LF; Otoboni, AMMB; Direito, R; Goulart, R de A; Nicolau, CCT; Fiorini, AMR; Sinatora, RV; Barbalho, SM. 2023. Anti-Inflammatory, Antioxidant, and Other Health Effects of Dragon Fruit and Potential Delivery Systems for Its Bioactive Compounds, vol.15. DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15010159>.

- Nurhadi, B; Qonit, MAH; Mubarak, S; Saputra, RA. 2024. Enhancing betacyanin stability: Comparison of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) pulp and peel powders through encapsulation technology during storage. Food Science and Nutrition 12(5). DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3992>.
- Nurul, SR; Asmah, R. 2014. Variability in nutritional composition and phytochemical properties of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) from Malaysia and Australia. International Food Research Journal 21(4).
- Ossa, JA; Vanegas, MC; Badillo, ÁM. 2010. Evaluación de la melaza de caña como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* evaluation of cane molasses as substrate for *Lactobacillus plantarum* growth. .
- Ortiz Hernández, YD; Carrillo Salazar, JA. 2012. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): A short review.3. p. 220-237.
- Padmavathy, K; Sivakumari, K; Karthika, S; Rajesh, S; Ashok, K. 2021. Phytochemical profiling and anticancer activity of dragon fruit *hylocereus undatus* extracts against human hepatocellular carcinoma cancer (hepg-2) cells. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 12(5). DOI: [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12\(5\).2770-78](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12(5).2770-78).
- Parmar, MY. 2019. Antioxidant and Hepatoprotective Potential of Dragon Fruit Extract in Opposition to Acetaminophen-Induce Liver Smash Up in Rats. Advanced Research in Gastroenterology & Hepatology 12(5). DOI: <https://doi.org/10.19080/argh.2019.12.555846>.
- Parra, R. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. Madellín,
- Párraga, M; Ramón, R; Chávez, P. 2020. Obtenido Del Queso Fresco Pasteurizado Producido En El Taller De Procesos Lácteos En La Espam “ Mfl ” Physicochemical Evaluation of the Dairy Obtained From the Pasteurized Fresh Cheese Produced in the Dairy Process Workshop in the Espam “ Mfl ”. Revista Científica de Ciencia y Tecnología El Higo 10, n. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i1.9921>.

- Rathi, KM; Singh, SL; Gigi, GG; Shekade, SV. 2023. Nutrition and Therapeutic Potential of the Dragon Fruit: A Qualitative Approach. *Pharmacognosy Research* 16(1). DOI: <https://doi.org/10.5530/pres.16.1.1>.
- Reyes-García, V; Botella-Martínez, C; Juárez-Trujillo, N; Muñoz-Tébar, N; Viuda-Martos, M. 2024. Pitahaya (*Hylocereus ocamponis*)-Peel and -Flesh Flour Obtained from Fruit Co-Products—Assessment of Chemical, Techno-Functional and In Vitro Antioxidant Properties. *Molecules* 29(10):2241. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29102241>.
- Rifat, T; Khan, K; Islam, MS. 2019. Genetic diversity in dragon fruit (*Hylocereus sp*) germplasms revealed by RAPD marker. *Journal of Animal and Plant Sciences* 29(3).
- Rodríguez, A; Abad, C; Pérez, A; Diéguez, K. 2020. Elaboración de una bebida a base de suero lácteo y pulpa de *Theobroma grandiflorum*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 18(2). DOI: [https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)166-175](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)166-175).
- Safira, A; Savitri, SL; Putri, ARB; Hamonangan, JM; Safinda, B; Solikhah, TI; Khairullah, AR; Puspitarani, GA. 2021. Review on the pharmacological and health aspects of *Hylocereus* or Pitaya: An update. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics* 11(6). DOI: <https://doi.org/10.22270/jddt.v11i6.5181>.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería) , H. 2023. Análisis de la ganadería de leche y carne de Honduras.
- Sbodio, O.; Revelli, Gr. 2012. Coagulación de la leche . Desarrollo de un dispositivo para el “ monitoreo ” online del proceso . *Avances en la Argentina*. 38:236-246.
- Vaillant, F; Perez, A; Davila, I; Dornier, M; Reynes, M. 2005. Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus sp.*). *Fruits* 60(1):3-12. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits:2005007>.
- Sim Choo, W; Khing Yong, W. 2011. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. *Advances in Applied Science Research* 2(3).

- Singh, S; Kumar, S. 2023. A Review on Nutritional, Medicinal and Bio-active Compound of Dragon Fruit *Hylocereus polyrhizus* (F.A.C. Weber) Britton & Rose. International Journal of Biochemistry Research & Review 32(5):57-67. DOI: <https://doi.org/10.9734/ijbcr/2023/v32i5817>.
- Smithers, GW. 2008. Whey and whey proteins-From «gutter-to-gold». vol.18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.03.008>.
- Sonawane, MS. 2017. Nutritive and medicinal value of dragon fruit. The Asian Journal of Horticulture 12(2):267-271. DOI: <https://doi.org/10.15740/HAS/TAJH/12.2/267-271>.
- Spellman, D; O’Cuinn, G; FitzGerald, RJ. 2009. Bitterness in *Bacillus proteinase* hydrolysates of whey proteins. Food Chemistry 114(2):440-446. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.09.067>.
- Tamagno, WA; Santini, W; Alves, C; Vanin, AP; Pompermaier, A; Bilibio, D; Sutorillo, NT; Kaizer, RR; Barcellos, LJG. 2022. Neuroprotective and antioxidant effects of pitaya fruit on Cu-induced stress in adult zebrafish. Journal of Food Biochemistry 46(7). DOI: <https://doi.org/10.1111/jfbc.14147>.
- Tang, W; Li, W; Yang, Y; Lin, X; Wang, L; Li, C; Yang, R. 2021. Phenolic Compounds Profile and Antioxidant Capacity of Pitahaya Fruit Peel from Two Red-Skinned Species (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*). Foods 10(6):1183. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10061183>.
- Tolun, A; Altintas, Z. 2019. Medicinal Properties and Functional Components of Beverages. Elsevier. p. 235-284 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00007-8>.
- Torres, Q; Romero, K. 2020. Alternativas tecnológicas para uso del lactosuero: valorización económica de residuos. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional 30(55). DOI: <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.908>.
- Velázquez, A; Covatzin, D; Toledo, MD; Vela, G. 2018. Bebida fermentada elaborada con bacterias ácido lácticas aisladas del pozol tradicional chiapaneco. Ciencia UAT 13(1):165. DOI: <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.871>.

- Wu, LC; Hsu, HW; Chen, YC; Chiu, CC; Lin, YI; Ho, JAA. 2006. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry* 95(2). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.002>.
- Yasmin, A; Sumi, MJ; Akter, K; Rabbi, RHMd; Almoallim, HS; Ansari, MJ; Hossain, A; Imran, S. 2024. Comparative analysis of nutrient composition and antioxidant activity in three dragon fruit cultivars. *PeerJ* 12:17719. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.17719>.
- Yeh, WJ; Tsai, CC; Ko, J; Yang, HY. 2020. *Hylocereus polyrhizus* peel extract retards alcoholic liver disease progression by modulating oxidative stress and inflammatory responses in C57Bl/6 mice. *Nutrients* 12(12). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12123884>.
- Zhuang, Y; Zhang, Y; Sun, L. 2012. Characteristics of fibre-rich powder and antioxidant activity of pitaya (*Hylocereus undatus*) peels. *International Journal of Food Science and Technology* 47(6). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02971.x>.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de evaluación sensorial.

Evaluación sensorial de Bebida Láctea Fermentada

Panelista No.:

Fecha ____/____/____/

A continuación, se le presentan cuatro muestras de una bebida láctea fermentada. Le invitamos a observar, degustar y analizar cada muestra cuidadosamente. Por favor, registre el número correspondiente según su nivel de aceptación para cada atributo a evaluar.

Puntaje	Escala
1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta poco
5	Ni me gusta, ni me disgusta
6	Me gusta poco
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

Muestra	Color	Aroma	Sabor	Textura
482				
159				
734				
265				

Recomendaciones:

Anexo 2: Inóculo utilizado para la fermentación de bebidas.



Anexo 3: Bebidas después de fermentar.



Anexo 4: Muestras listas para analizar.



Anexo 5: Análisis de pH.



Anexo 6: Análisis de sólidos solubles.

