

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**EFFECTO DE LA PRESIÓN Y LA CONCENTRACIÓN DE MIEL DE CAÑA SOBRE  
LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL *Aloe barbadensis* Miller SOMETIDO  
A DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA POR IMPREGNACIÓN AL VACÍO**

**T E S I S**

**Para optar el título Profesional de:**  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Presentado por la Bachiller:  
**MARÍA ISABEL MEGO VÁSQUEZ**

Asesores:  
**M.Sc. Ing. Jimmy Frank Oblitas Cruz**  
**MBA. Ing. Mary Diana Herrera Chilón**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**



## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador:  
**MARÍA ISABEL MEGO VÁSQUEZ**  
DNI: N° 45951093  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**
- Asesor:  
**Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz**  
**Ing. Mary Diana Herrera Chilón**  
Facultad/Unidad UNC:  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
- Grado académico o título profesional  
 Bachiller  Título profesional  Segunda especialidad  
 Maestro  Doctor
- Tipo de Investigación:  
 Tesis  Trabajo de investigación  Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:  
**EFFECTO DE LA PRESIÓN Y LA CONCENTRACIÓN DE MIEL DE CAÑA SOBRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL *Aloe barbadensis* Miller SOMETIDO A DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA POR IMPREGNACIÓN AL VACÍO.**
- Fecha de evaluación: 06/01/2025
- Software antiplagio:  TURNITIN  URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud: 7%
- Código Documento: oid 3117:419524491
- Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO  PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 08/01/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ..... <b>Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz</b> <b>DNI: 40043738</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los dieciocho días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 292-2024-FCA-UNC, de fecha 17 de julio del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "EFECTO DE LA PRESIÓN Y LA CONCENTRACIÓN DE MIEL DE CAÑA SOBRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL *Aloe barbadensis* Miller SOMETIDO A DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA POR IMPREGNACIÓN AL VACÍO", realizada por la Bachiller **MARÍA ISABEL MEGO VÁSQUEZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y once minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de quince (15); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las diez horas y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez  
**PRESIDENTE**

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones  
**SECRETARIO**

Dr. José Gerardo Salhuana Granados  
**VOCAL**

Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz  
**ASESOR**

Ing. Mary Diana Herrera Chilón  
**ASESORA**

## **DEDICATORIA**

A mi esposo por su apoyo y compañía a lo largo del desarrollo de mi carrera y a mis hijos quienes llegaron a mi vida para llenarme de alegría, orgullo y motivación para la culminación de esta etapa de mi formación académica.

A mis queridos padres. Este logro académico es un reflejo del perseverante esfuerzo que han invertido para brindarme una gran educación superior. Por todos los sacrificios que han hecho, cada día de trabajo duro en el campo y cada decisión que tomaron para conmigo que me ayudo a conseguir culminar mi hermosa carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a DIOS y a la Virgen Santa por la fortaleza que me han brindado a lo largo de mi carrera.

En agradecimiento a mis queridos padres quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Por decidir enviarme a seguir estudiando aun con el miedo por que estaría lejos de su protección, el esfuerzo constante para asegurarme que tenga lo necesario, esta tesis es el testimonio de su sacrificio y amor, y un recordatorio constante de la importancia del trabajo duro y la educación en nuestras vidas.

Agradezco a mi Fernando por su apoyo incondicional a mi tío Jaime por acogerme en su casa cuando llegué a esta linda ciudad, y cuidar de mi a mi Soco que siempre me animó y ayudó a culminar esta tesis.

Agradezco a Diana por su asesoramiento en el desarrollo de esta tesis.

# CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Descripción del problema. ....	2
1.2	Formulación del problema (pregunta de investigación) .....	2
1.3	Justificación.....	2
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo General.....	3
1.4.2	Objetivos Específicos .....	3
1.5	Hipótesis.....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1.	Antecedentes de la investigación. ....	4
2.2.	Marco teórico. ....	7
2.2.1.	Deshidratación .....	7
2.2.2.	Deshidratación osmótica .....	8
2.2.3.	Deshidratación por impregnación al vacío. ....	9
2.2.4.	Aloe vera.....	10
2.2.5.	Miel de caña.....	13
2.2.6.	Parámetros fisicoquímicos: .....	14
2.2.7.	Grados Brix:.....	14
2.2.8.	Color. ....	14
2.2.9.	Espacio CIE L*a*b* (CIELAB). ....	15
2.2.10.	Textura. ....	15
2.2.11.	Análisis físico-químico. Conjunto de métodos y técnicas .....	16
2.3.	Definición de Términos. ....	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1.	Ubicación (mapa). ....	17
3.2.	Materiales e insumos .....	17
3.3.	Metodología .....	18
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.	Análisis de color .....	27
4.1.1.	Análisis de Varianza para L* .....	27
4.1.2.	Análisis de Varianza para a* .....	30
4.1.3.	Análisis de Varianza para b*.....	33
4.2.	Análisis de Varianza para °Brix .....	35
4.3.	Análisis de Varianza para Textura.....	38
V.	CONCLUSIONES.....	41
VI.	RECOMENDACIONES .....	42
VII.	BIBLIOGRAFÍA .....	43
VIII.	ANEXOS .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de tratamientos y combinación de niveles. ....	20
Tabla 2. Análisis de varianza $L^*$ .....	27
Tabla 3. Valor óptimo de $L^*$ .....	30
Tabla 4. Análisis de varianza para factor $a^*$ .....	30
Tabla 5. Valor óptimo de $a^*$ .....	33
Tabla 6. Análisis de varianza para $b^*$ .....	33
Tabla 7. Valor óptimo de $b^*$ .....	34
Tabla 8. Análisis de varianza para $^{\circ}\text{Brix}$ .....	35
Tabla 9. Valor óptimo de $^{\circ}\text{Brix}$ .....	37
Tabla 10. Análisis de varianza para textura .....	38
Tabla 11. Valor óptimo de textura .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de laboratorio UNC.....	17
Figura 2. Diseño Experimental.....	19
Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención del gel de aloe vera.....	22
Figura 4. Diagrama de flujo para la preparación de solución de miel de caña.....	23
Figura 5. Diagrama de flujo de deshidratación osmótica de aloe vera por impregnación al vacío de miel de caña.....	25
Figura 6. Gráfica de efectos principales para $L^*$ .....	29
Figura 7. Gráfica de efecto principal para $a^*$ .....	32
Figura 8. Gráfica de efectos principales para $b^*$ .....	34
Figura 9. Gráfica de efecto principal para $^{\circ}\text{Brix}$ .....	36
Figura 10. Gráfica de efecto principal para textura.....	39

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar el efecto de la presión y la concentración de miel de caña sobre los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller*, sometido a deshidratación osmótica por impregnación al vacío. Se utilizó aloe vera previa inmersión en agua por 24 horas para retirar la aloína, posteriormente se le retiró la cáscara y se cortó en cubos de 1cm<sup>3</sup>, a continuación, se realizó la inmersión de los cubos en una solución de miel de caña a concentraciones de 40, 50 y 60 °Brix, con una proporción de 1:5 y finalmente las muestras fueron sometidas a presiones de vacío (150, 250 y 350 mbar) por un tiempo de 10 min. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta para evaluar la optimización del producto mediante un ANOVA, obteniéndose como resultados óptimos para el color, una concentración de 60°Brix a una presión de 350mbar para el factor L\*, una concentración de 51.992°Brix a una presión de 150mbar para el factor a\* y una concentración de 40°Brix a una presión de 150mbar para el factor b\*; mientras que para alcanzar un mayor valor de los °Brix, el valor óptimo obtenido fue una concentración de 60°Brix a una presión de 229,55 mbar; finalmente, para una mejor textura los valores óptimos obtenidos fueron una concentración de 40°Brix a una presión de 250mbar.

**Palabras clave:** Aloe vera, deshidratación osmótica, grados °Brix, concentración de soluto, miel de caña, impregnación al vacío.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the effect of pressure and concentration of cane honey on the physicochemical parameters of *Aloe barbadensis* Miller, subjected to osmotic dehydration by vacuum impregnation. Aloe vera was used after immersion in water for 24 hours to remove the aloin, then the peel was removed and cut into 1cm<sup>3</sup> cubes, then the cubes were immersed in a cane honey solution at concentrations of 40, 50 and 60 °Brix, with a ratio of 1:5 and finally the samples were subjected to vacuum pressures (150, 250 and 350 mbar) by a time of 10 min. The response surface methodology was used to evaluate the optimization of the product through an ANOVA, obtaining as optimal results for color, a concentration of 60°Brix at a pressure of 350mbar for the L\* factor, a concentration of 51.992°Brix at a pressure of 150 mbar for factor a\* and a concentration of 40°Brix at a pressure of 150 mbar for factor b\*; while to achieve a higher °Brix value, the optimal value obtained was a concentration of 60°Brix at a pressure of 229.55 mbar; Finally, for a better texture the optimal values obtained were a concentration of 40°Brix at a pressure of 250mbar.

**Keywords:** Aloe vera, osmotic dehydration, °Brix degrees, solute concentration, cane honey, vacuum impregnation.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Actualmente la industria busca nuevas formas de conservación del aloe vera sin alterar sus propiedades nutricionales y organolépticas. El gel del aloe vera, es un alimento altamente nutritivo, ya que se le atribuye el concepto de planta milagrosa por sus características curativas. La mayoría de los extractos de Aloe vera poseen muchas actividades biológicas, tales como antiinflamatoria, antioxidante, anticancerígena, para la lucha de la diabetes, y muchas más, pero debido a su alto contenido de agua (98.5%) se deteriora rápidamente; por ello buscamos nuevas formas de conservación, siendo una alternativa la deshidratación osmótica.

La deshidratación osmótica es una técnica bien conocida, que consigue eliminar el agua de los alimentos mediante su inmersión directa en disoluciones hipertónicas. Por otro lado, con la impregnación a vacío se incorporan solutos en las matrices celulares de los alimentos sólidos porosos, sobre todo en frutas y hortalizas (Carpetano & Gras, 2011).

La impregnación al vacío es una técnica que nos permite conservar con gran medida los ingredientes propios de los alimentos, esto nos ayuda a desarrollar alimentos que logren conservar su composición nutricional y disponer de alimentos durante más tiempo después de su cosecha y así suplir componentes activos mediante un mecanismo hidrodinámico, entendemos como una transferencia de masa que se realiza en las interacciones solido-líquido. (V. Ossa-Montoya, 2023).

En la presente investigación se llevó a cabo la deshidratación osmótica del aloe vera con impregnación al vacío de miel de caña, para determinar su influencia sobre sus propiedades fisicoquímicas. Para realizar la investigación, se contó con aloe vera cultivado de manera casera en la ciudad de Cajamarca y miel de caña obtenida del distrito de Magdalena, provincia de Cajamarca; el laboratorio, así como los instrumentos y equipos fueron facilitados por la EAP de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### **1.1 Descripción del problema.**

El aloe vera es una planta con múltiples propiedades beneficiosas para la salud, sin embargo, es poco aprovechado y consumido debido a que es poco apetecible por su aspecto gelatinoso e insípido, tiene un olor a hierba e incluso muchas veces sabor amargo. Además, el aloe vera es susceptible a alteraciones microbianas por su alto contenido de agua, lo que dificulta su conservación y disponibilidad a largo plazo.

Esta investigación se basó en el aprovechamiento de los recursos con los que se cuenta en la región de Cajamarca, tanto el aloe vera como la miel de caña; si bien es cierto el aloe vera es consumido generalmente en jugos, sin embargo, este consumo es por un bajo porcentaje de la población, debido a las características ya mencionadas en el párrafo anterior y también a que su disponibilidad es corta debido a su rápida alteración, por lo que se buscan nuevas alternativas para disponer de él por mayores periodos de tiempo, sometiéndolo a deshidratación osmótica en una solución de miel de caña y determinar los cambios que este proceso genera en sus características fisicoquímicas como la textura, °Brix y color.

### **1.2 Formulación del problema (pregunta de investigación)**

¿La presión y la concentración de miel de caña tienen efecto sobre los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller* sometido a deshidratación osmótica por impregnación al vacío?

### **1.3 Justificación**

Las variables que influyen en el proceso de deshidratación osmótica son diversas, y dentro de las principales variables están la presión y la concentración de miel de caña, en ese sentido, la presente investigación contribuyó a conocer la influencia de estos dos factores sobre los parámetros fisicoquímicos del aloe vera aplicando diferentes concentraciones de miel de caña a diferentes presiones de vacío.

Existen estudios previos donde se ha utilizado el aloe vera como aditivo en la industria

alimentaria, sin embargo, este producto también puede y debe ser consumido puro, debido a sus grandes beneficios para la salud, por lo que esta investigación servirá de base para futuras investigaciones donde se busque optimizar sus características fisicoquímicas y sensoriales que permita un consumo frecuente y masivo.

Asimismo, esta investigación servirá como base para aplicar diferentes tecnologías e incluso desarrollar nuevas tecnologías que permitan la optimización del aloe vera, manteniendo en la mayor medida posible sus propiedades naturales.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General.**

Determinar el efecto de la presión y la concentración de miel de caña sobre los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller* sometido a deshidratación osmótica por impregnación al vacío.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto de la presión sobre los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller* sometido a deshidratación osmótica por impregnación al vacío.
- Determinar el efecto de la concentración de miel de caña sobre los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller* sometido a deshidratación osmótica por impregnación al vacío.

## **1.5 Hipótesis**

La presión y la concentración de miel de caña tienen efecto sobre los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller* sometido a deshidratación osmótica por impregnación al vacío.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes de la investigación.

Banda (2016) en su tesis “desarrollo de una bebida de mora con trozos deshidratados de sábila por ósmosis e impregnación al vacío”, varió tres factores: concentración de la solución de fructosa (50, 60 y 70 °Brix), tiempo de impregnación al vacío (5, 10 y 15 min) y el tiempo de deshidratado (3, 5 y 7 h) y se concluyó que estos 3 factores influyeron en la ganancia de sólidos solubles, textura y el color de los trozos de sábila y optimizaron la deshidratación osmótica con impregnación al vacío con una solución de 54°Brix, 13 min de impregnación al vacío y 6 h de deshidratación osmótica. El color lo evaluó con un colorímetro Minolta, modelo CR-200 y los resultados se expresaron en coordenadas absolutas L\*ab y mediante la siguiente fórmula.

$$\Delta E = \sqrt{(a_{final} - a_{inicial})^2 + (b_{final} - b_{inicial})^2 + (L_{final} - L_{inicial})^2}$$

Valencia (2018), en su investigación “Efecto de la miel en la deshidratación de mango variedad Tommy Atkins”, tuvo como objetivo, determinar el efecto de la miel de abeja en la aceptación y las características fisicoquímicas del mango sometido a deshidratación y se realizaron 2 tratamientos y un testigo con tres repeticiones, la deshidratación osmótica fue un pretratamiento ya que luego deshidrataron por aire caliente a las muestras de mango. Se analizó color, pH, entre otros parámetros. Se concluyó que, la miel permitió que el mango deshidratado conserve su acidez, adquiriera un color menos amarillo rojizo con menor luminosidad y mejoró la aceptación del mango deshidratado.

Gaitán (2005) en su tesis “Deshidratación osmótica con y sin pulsos de vacío de guayaba manzana”, tuvo como objetivo establecer la influencia de la temperatura (25, 40 y 55°C) y la concentración de la solución de sacarosa (25, 40 y 55°Brix) en el proceso de deshidratación osmótica con y sin pulso de vacío, a diferentes tiempos de tratamiento (15, 30, 45, 60,90, 180, 300, 480 y 1440 minutos), se realizaron deshidrataciones a

presión normal y con pulsos de vacío (100mbar) y se concluyó que la mejor curva fue a 40°C y 40°Brix con pulso de vacío, obteniéndose un producto de consistencia gomosa y agradable, de color similar al de la fruta fresca. También se concluyó que la temperatura causa un efecto similar al del pulso de vacío en los tratamientos realizados a presión atmosférica en la ganancia de solutos.

Castillo & Villena (2020) en su investigación “Elaboración de bebidas enriquecidas con trozos de sábila (Aloe vera) deshidratados por ósmosis, saborizadas a naranja y limón”, realizaron la deshidratación osmótica del aloe vera y para el proceso de deshidratación osmótica se utilizaron trozos de sábila de 0,5 x 0,5 x 0,5 cm y se sumergieron en soluciones hipertónicas de 50, 55 y 60 °Brix de jugo de naranja y limón, manteniendo constante la temperatura (30 °C) y el tiempo de deshidratación fue de 3 horas. La concentración de la solución osmótica influyó en los sólidos solubles totales, firmeza y porcentaje en peso de los trozos de sábila. Se concluyó que la concentración de la solución osmótica es el factor que mayor influencia presenta sobre la ganancia de sólidos solubles totales.

Fernández (2007) en su investigación “Estudio de la impregnación a vacío de miel y su efecto en atributos de calidad de hojuelas de manzana (Var. Granny Smith) deshidratadas, tuvo como objetivo estudiar la impregnación de solutos de miel a vacío en rodajas de manzana fresca variedad Granny Smith, con el fin de preservar distintos atributos de calidad en el producto deshidratado. Este estudio se realizó con tres tipos de soluciones isotónicas de mieles de distinto origen: Hierba azul, Quillay, y Bosque a distintas concentraciones. Se evaluó el efecto de la capacidad antioxidante de la miel, presión de vacío y tiempo de restauración de la presión sobre el color y la textura de hojuelas de manzana obtenidas por combinación de VI y secado por aire forzado; y VI y secado por infrarrojo-aire. En las mieles se determinó el contenido de antioxidantes y se concluyó que las condiciones óptimas para obtener el producto con mejores

características de color y textura fue a una presión de 20" Hg vacuométricas y 1 minuto de tiempo de restauración de la presión; usando miel multifloral de 2,31  $\mu\text{mol/g}$  de capacidad antioxidante.

Hinostroza (2022) en su tesis "Estimación de la cinética de transferencia de materia en la osmodeshidratación de la oca (*Oxalis tuberosa*) por concentración de sacarosa" tuvo como objetivo, evaluar la influencia de la concentración de la solución en el incremento de sólidos solubles, cuantificar las propiedades fisicoquímicas de la oca deshidratada por ósmosis, evaluar las variaciones en las características fisicoquímicas y químicas, entre otros; se realizaron 3 tratamientos con soluciones hipertónicas de 40, 50 y 55 °Brix, a temperatura constante de 30°C, una relación de fruta:solución de 1:5, concluyendo que, los parámetros de pH, acidez y °Brix tuvieron cambios significativos por efecto de la concentración de solución osmótica y el mejor producto obtenido fue el sometido a presión atmosférica constante de 520 mmHg y una solución concentrada de 55 °Brix, manteniendo la temperatura de 30°C constante.

Arreola & Rosas (2007) en el artículo "Aplicación de Vacío en la Deshidratación Osmótica de Higos (*ficus carica*) realizaron la deshidratación osmótica de higos a 3 concentraciones de sacarosa en solución (55, 65 y 75%) y dos temperaturas (35 y 45 °C), bajo vacío constante (aprox. 40 kPa), concluyendo que la concentración del soluto y la temperatura influyen considerablemente durante el proceso, pues al aumentar la temperatura facilita la eliminación de agua y la penetración de sacarosa, esto es contribuido por el vacío que apertura la estructura del higo.

Pompa (2017) realizó un estudio donde usó yacón del fenotipo "Anaranjado" y manzana de variedad "Israel" homogéneos en tamaño, forma, madurez y grado de frescura para impregnarlos al vacío con solución de aloe vera. La Impregnación a vacío se realizó en un depósito hermético de acero inoxidable acoplado a una bomba de vacío. La solución de áloe vera (5g/1000mL) se obtuvo de la ficha técnica del Áloe vera (Aloe Gold Seal-

Natural 200X) se llevó a agitación durante 15 minutos. Se concluyó que dicha investigación que el aloe vera ayuda a retrasar el pardeamiento enzimático en yacón y manzana siendo el valor adecuado de impregnación al vacío en yacón a presión de 400 mbar y un tiempo de 20 minutos y en manzana a 275.239 mbar por 22.0711 minutos, En la presente investigación se tomó en cuenta que el aloe vera evita el pardeamiento enzimático, lo cual nos permitió trabajar con el gel de aloe vera en óptimas condiciones sin aplicar escaldado ya que se esperó que no sufra pardeamiento enzimático.

Chuquipoma (2018) en su informe de investigación "Estudio de la cinética de osmodeshidratación aplicando vacío en aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), en el que estudió el efecto de la temperatura, concentración osmótica, acidez y presión de vacío durante la deshidratación osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), utilizó una relación jarabe/fruta de 4:1 durante 180 minutos de proceso, tomando lecturas cada 15 min y comparó 3 modelos matemáticos para describir la ganancia de sólidos a diferentes temperaturas (40, 50 y 60 °C), concentración osmótica (30, 40 y 50 °Brix), acidez (0.05, 0.075 y 0.1 % de ácido cítrico) y presión de vacío (200, 300 y 400 mmHg). Se logró la mayor ganancia de sólidos de  $42 \pm 3.06$  °Brix en las siguientes condiciones; temperatura 60 °C, concentración osmótica 50 °Brix, acidez 0.075 % y presión 200 mmHg.

## **2.2. Marco teórico.**

### **2.2.1. Deshidratación**

La deshidratación es una de las formas más antiguas de procesar alimentos. Consiste en extraer una buena parte de la humedad de los alimentos, para evitar su descomposición. Se considera de mucha importancia la conservación de alimentos pues esto nos permite alargar la vida útil de las frutas y poder tener acceso a mercados más distantes, otra de las razones importantes de conservar frutas deshidratadas es debido a que podrá contar con frutas en temporadas que normalmente no se producen en todo el año, logrando así mejores precios. Con el paso de aire caliente a través del producto se elimina el agua que contiene algunos alimentos mediante la

evaporación. Este proceso impide el crecimiento de las bacterias, que no pueden vivir en un medio seco, como en las piñas, manzanas y plátanos (Peinado y Herrera 2013). La deshidratación es un método muy común y antiguo para la conservación de los alimentos. Existen algunos beneficios que conllevan a la deshidratación, como lo es evitar la actividad enzimática y el desarrollo de microorganismos, ya que la deshidratación genera una estabilidad microbiológica y química, una disminución en el peso y el volumen de la fruta, que facilitara el almacenamiento y transporte. En el proceso de la deshidratación se puede llegar a perder nutrientes básicos, todo esto dependerá de las condiciones en las que se lleva a cabo el proceso (Humedad en el ambiente, temperatura, velocidad del viento, etc.). Es importante que mientras se lleva a cabo el proceso de deshidratación, proteger el valor nutricional del alimento y sus características organolépticas (sabor, color, textura, olor). Cuando se restituya el contenido acuoso, se debe tener un producto con las características similares al que se tenía originalmente, ya que si se pierden las características más importantes el producto tendría menor valor. Existen varias técnicas para la deshidratación de alimentos, ya sea de forma natural al sol (convección natural) o de forma mecánica (convección forzada). Todo esto dependerá de las condiciones en las que se lleva a cabo el proceso (Humedad en el ambiente, temperatura, velocidad del viento, etc.) (Ortiz et al., 2019).

### **2.2.2. Deshidratación osmótica**

Es una técnica de deshidratación parcial de alimentos que consiste en la inmersión de estos en soluciones acuosas de solutos (azúcares y/o sales) de alta presión osmótica. El proceso de deshidratación osmótica se caracteriza por presentar dos etapas: una dinámica y otra de equilibrio. En la etapa dinámica las velocidades de transferencia de materia disminuyen hasta que se alcanza el equilibrio. El proceso osmótico termina cuando se alcanza este equilibrio, es decir, cuando la velocidad neta de transporte de materia se anula. El agua se elimina principalmente por difusión y flujo capilar, mientras que la impregnación del alimento con los solutos y la lixiviación de los componentes del alimento se producen solamente por difusión (Granados-Conde et al., 2020).

La deshidratación osmótica es un método que aplica productos frutihortícolas ayudando a eliminar su contenido de agua de hasta un 50-60 %, incrementando el contenido de sólidos solubles. Si bien el producto obtenido no es estable para su conservación, su composición química permite obtener, después de un secado con aire caliente o una congelación, un producto final de buena calidad organoléptica. En este proceso el frutihortícola es puesto en contacto con una solución concentrada de alcohol, sales y/o azúcares, estableciéndose una doble transferencia de materia: agua desde el producto hacia la solución – junto con sustancias naturales (azúcares, vitaminas, pigmentos) – y, en sentido opuesto, solutos de la solución hacia el frutihortícola. En consecuencia, el producto pierde agua (WL), gana sólidos solubles (SG) y reduce su volumen (VR) (Spiazzi , Mascheroni, 2001).

### **2.2.3. Deshidratación por impregnación al vacío.**

#### **a. impregnación al vacío.**

La impregnación a vacío de un producto poroso consiste en el intercambio del gas interno y/o líquido ocluido en los poros abiertos por una fase líquida externa, debido a la acción de mecanismos hidrodinámicos promovidos por cambios de presión (Fito y Col 2001).

La impregnación al vacío es una técnica que nos permite conservar con gran medida los ingredientes propios de los alimentos, desarrollando así, una forma bastante segura y efectiva de conservar alimentos pocos procesados. Las frutas y hortalizas son alimentos que tienen un tiempo de vida muy reducido en situaciones normales por algunos de sus componentes que se dañan con más facilidad, su alto contenido de humedad presente en ellas hace que sea difícil conservar algunas de sus propiedades bioquímicas y sensoriales por mucho más tiempo para consumo y posterior almacenaje, por esto razón la impregnación al vacío nos permite la conservar los alimentos por mucho más tiempo después de su cosecha y a su vez suplir componentes activos mediante un mecanismo hidrodinámico, entendemos como una transferencia de masa

que se realiza en las interacciones sólido-líquido, debido a que existe un cambio de presión interna de una matriz que posee un volumen ocupado por un gas y presión externa encontrada en el medio o solución al que está expuesta la matriz y esto a su vez genera un cambio de volumen interno por lo que se puede observar una transferencia de masa del medio o solución hacia el interior de una matriz provocando cambios importantes en las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales (V. Ossa-Montoya, 2023)

#### **2.2.4. Aloe vera.**

Pertenecen a la familia de las liliáceas y su apariencia se asemeja a una planta de cactus. Hipotéticamente, pueden comprender 75 componentes activos, como vitaminas, enzimas, azúcares, minerales, lignina, y tienen importantes propiedades antiinflamatorias, antibacterianas, antivirales, antifúngicas y efectos antiartríticos y producen resultados hipoglucemiantes positivos (Tariq et al., 2023; Padmakar et al., 2023).

Desde hace mucho tiempo el Aloe se ha utilizado de manera empírica como remedio medicinal en diversas enfermedades, lesiones y trastornos. En los últimos años se han realizado avances que han permitido conocer parte del mecanismo de acción del Aloe vera en la prevención de enfermedades e identificar algunos de los compuestos que muestran efectos sobre la salud. Se ha determinado que algunos de sus efectos benéficos se relacionan con sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antibacterianas. (Calderón et al., 2011).

El Aloe Vera con apariencia de un gel claro, compuesto aproximadamente por 99% de agua. Contiene más de 200 componentes activos de los cuales se mencionan a las vitaminas, minerales, aminoácidos, enzimas, polisacáridos y ácidos grasos. Entre las vitaminas hidrosolubles tenemos tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), ácido fólico y ácido ascórbico (C); y entre las liposolubles las vitaminas A y E. Algunas investigaciones sugieren que también presenta trazas de vitamina B12 (Pérez et al., 2019).

#### **2.2.4.1. Tipo de procesamiento del aloe vera.**

Domínguez et al. (2012) “El cultivo comercial del aloe vera para la obtención del gel, inicio en el año 1920 en Florida. Se caracteriza por ser una planta subtropical con hojas lanceoladas y cuenta con espinas en los bordes, se considera una planta xerofítica”.

En el transcurso de la historia se ha venido usando para tratamientos terapéuticos en el uso de la medicina popular, como heridas en la piel y otros trastornos, que se remontan desde hace miles de años; en la actualidad es usado el gel de sábila para uso medicinal, cosmético y como alimento funcional, este producto se ha convertido en una gran industria en todo el mundo (Vogler & Ernst 1999).

El uso potencial de los productos de sábila con frecuencia implica algún tipo de tratamiento, que puede ser por calefacción, deshidratación o molienda. Lamentablemente a los malos procesamientos que se llevan a cabo durante la preparación del gel, se causan modificaciones irreversibles en sus componentes bioactivos como polisacáridos y compuestos antioxidantes, afectando así a su estructura original y consiguiendo así cambios significativos en sus propiedades bioquímicas, logrando que muchos de los productos contengan muy poco o casi ningún ingrediente activo (Kim et al. 1998).

Es por ello que en las últimas décadas se ha enfocado diversos estudios a investigar sus principales compuestos químicos activos que son los responsables de los efectos terapéuticos reportados, de igual manera se han interesado en desarrollar un método eficaz para conservar de manera natural dichos compuestos que tiene el gel de Aloe vera con la finalidad de mejorar la calidad del producto (Ramachandra & Rao, 2008).

El gel de aloe vera al ser expuesto al medio ambiente, este se oxida rápidamente al contacto con el aire, perdiendo así gran parte de su funcionalidad biológica. Se han descrito diferentes técnicas de procesamiento con fin de conservar mejor sus propiedades. Para obtener mejores es cuando a la hoja se han procesado inmediatamente después de la cosecha y así evitar el crecimiento de microorganismos. Para empezar un proceso consiste en lavar las hojas de sábila recién cosechadas, luego

consiste en separar mecánicamente la cascara del mucilago, una vez obtenido este se trata con carbón activado para decoloración y la expulsión de aloína y antraquinonas, otro método sería en poner en remojo en abundante agua las hojas previamente haber sido cortado los laterales. El líquido resultante se somete a diversas etapas de filtración, esterilización y estabilización. El líquido estabilizado obtenido es entonces concentrado para reducir la cantidad de agua o alternativamente, casi toda el agua es removida para obtener un polvo (Ramachandra & Rao, 2008).

Algunos tipos de procesos de transformación de la penca sábila se muestra a continuación:

- a. Procesamiento con calor: El líquido de la sábila obtenido del tratamiento con carbón activado es esterilizado por medio de una pasteurización a alta temperatura con tiempos de exposición cortos. Se ha reportado que la actividad biológica del gel permanece esencialmente intacta cuando el gel es calentado a 65° C por periodos menores a 15 minutos. Las altas temperaturas por periodos prolongados bajan los niveles de actividad biológica. Sin embargo, se sugiere que el mejor método de pasteurización es el HTST (High Temperatura Short Time por sus siglas en ingles), seguido de un enfriado súbito a 5° C o menor (Domínguez et al., 2012).

En estas técnicas, la estabilización puede alcanzarse por la adición de conservadores y otros aditivos. Asimismo, se ha investigado el uso de benzoato de sodio, sorbato de potasio, ácido cítrico y vitamina E en forma sinérgica y se ha demostrado que el uso de estas sustancias en conjunto mantiene la bioactividad de la sábila de manera eficaz (Ramachandra & Rao, 2008).

- b. Procesamiento por liofilización o secado por congelación: en este proceso el producto se expone a aire muy frio, luego se coloca en una cámara de vacío, en donde la humedad se sublima y se elimina por bombeo mediante inyectores de vapor o bombas mecánicas de vacío (Siccha & Lock, 1998).

Este proceso se emplea en aquellos productos que son sensibles al calor y a bajas temperaturas. Este proceso es uno de los métodos más apropiados para el secado de ciertos productos farmacéuticos, extractos acuosos de plantas medicinales, hierbas aromáticas, extractos de café, carne, verduras, especias, zumo de frutas y dietas completas. (Siccha & Lock,1998).

c. Procesamiento por secado convectivo, es uno de los procesos de deshidratación más utilizados para la conservación de frutas y en la actualidad se utiliza combinado con pretratamientos como la deshidratación osmótica (osmosis), el escaldado y la impregnación a vacío, a fin de aumentar la calidad del producto deshidratado y reducir el tiempo de secado (Muñiz et al., 2013).

d. "Procesamiento por secado por medio de secadores de tambor, horno y secado convectivo forzado: estas técnicas se han usado sobre todo en productos textiles recubiertos con sábila, como en guantes de uso doméstico o industrial" (Cheng & Chen, 2003).

#### **2.2.5. Miel de caña.**

La miel de caña es la concentración de los azúcares procedentes del jugo de la caña sometidos a altas temperaturas por tiempo prolongado.

"Se considera un producto bioactivo potencial, con actividad antioxidante atribuida principalmente a la retención de una gran cantidad de compuestos fenólicos y flavonoides" (Velásquez et al., 2019).

Algunos de los beneficios de la miel de caña son: en dos cucharadas de miel de caña encontramos un 14% de la cantidad de cobre recomendada diariamente. La miel de caña tiene una carga glicémica moderada de 55, lo que hace que sea un sustituto saludable del azúcar. La miel de caña no contiene grasa y solo 32 calorías, siendo un producto recomendado para las personas que busca perder peso. La miel de caña funciona aliviando el estreñimiento ayudando a suavizar de forma natural las heces, además, de mejorar y regular el tránsito intestinal. Ayuda a combatir la anemia

la ya que contiene un 13.2% de hierro que necesitamos diariamente al consumir dos cucharadas de esta. Tiene un alto contenido en calcio y magnesio, el consumo de dos cucharadas de miel contiene 11.7% de calcio y 7.3% de magnesio cantidad recomendada al día, estos minerales ayudan al crecimiento y desarrollo de los huesos, además ayuda a prevenir enfermedades como la osteoporosis y otras enfermedades relacionadas con los huesos. Minerales como el magnesio, potasio, vitaminas B6 y el selenio funcionan como antioxidantes (Colina et al., 2012).

Tomar miel de caña como endulzante natural está siendo más común en la población, por su alto contenido de energía que esta brinda, una manera fácil de consumo es hervir una taza de agua y añadir dos cucharadas de miel de caña.

#### **2.2.6. Parámetros fisicoquímicos:**

##### **2.2.7. Grados Brix:**

Gutierrez & Castañeda (2017) "Mencionan que los grados Brix (°Brix) indican la cantidad de sólidos solubles en una muestra vegetal, que permiten determinar la viabilidad del sustrato como materia prima en procesos fermentativos con microorganismos".

Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de una fruta. Se determinan empleando un refractómetro calibrado y a 20 °C. Si la pulpa o jugo se hallan a diferente temperatura se podrá realizar un ajuste en °Brix, según la temperatura en que se realice la lectura (Hervas Paredes, 2011).

##### **2.2.8. Color.**

"El color es el principal factor visual que afecta la calidad de los productos, ya que es la primera característica sensorial apreciada por el consumidor el cual lo relaciona con la frescura de estos" (Onega & Ruiz, 2003).

El color de los alimentos, se miden en base a los 3 atributos de color que son: luminosidad, tonalidad y pureza de color. La luminosidad es el atributo de la sensación

visual según la cual una superficie emite más o menos luz; el tono es el atributo de la sensación visual según la cual una superficie parece similar a uno, o a proporciones de dos, de los colores percibidos rojo, naranja, amarillo, verde, azul y púrpura; y la pureza es el atributo de la sensación visual según la cual una superficie parece mostrar más o menos tonalidad, o lo que es lo mismo, contenido de color de una superficie evaluado en proporción a su luminosidad (Talens, s.f.).

### **2.2.9. Espacio CIE L\*a\*b\* (CIELAB).**

La localización de cualquier color en el espacio de color CIELAB se determina mediante sus coordenadas de color: L\* a\* y b\* donde L\* representa la diferencia entre la luz (L\*=100) y la oscuridad (L\*=0), a\* representa la diferencia entre el verde (-a\*) y el rojo (+a\*) y finalmente el b\* representa la diferencia entre el azul (-b\*) y el amarillo (+b\*), conociendo estas coordenadas el color está descrito y localizado en el espacio (Sahin y Gülüm, 2006).

### **2.2.10. Textura.**

Se llama textura a la calidad de una superficie, la textura es la piel de las cosas. La texturas se pueden clasificar teniendo en cuenta tres características fundamentales: según la configuración de su superficie, que son táctil (superficie tridimensional) y visual (superficie bidimensional), según su origen que son naturales (el objeto depende del material del que está hecho) y artificiales (modificada según una técnica determinada) y según su uniformidad: orgánica (elementos semejantes dispuestos según la propia configuración de la materia) y geométrica (elementos iguales, trazados de manera regular y con una organización geométrica). Dependiendo de la finalidad del mensaje de la obra plástica las texturas serán táctiles o visuales, o una mezcla de ambas técnicas. (García Clariana, 2015)

## 2.2.11. Análisis físico-químico. Conjunto de métodos y técnicas

### 2.3. Definición de Términos.

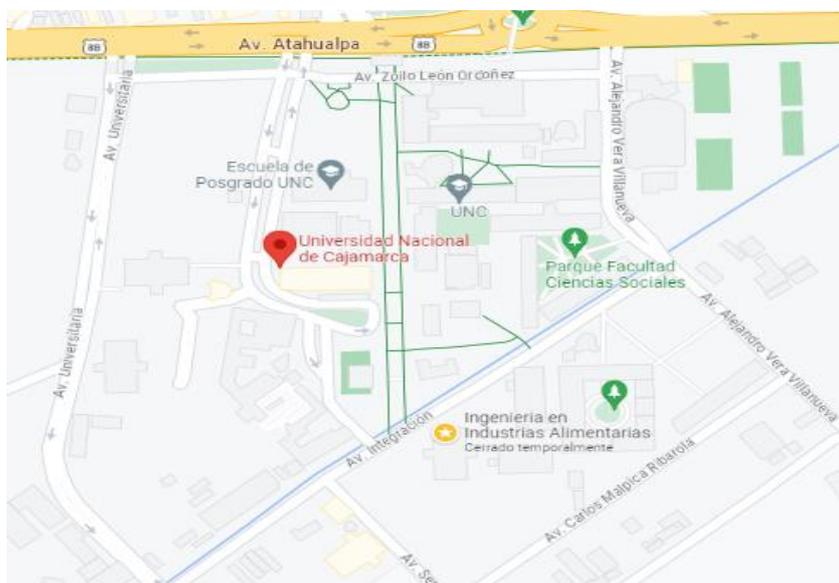
1. **Aloe vera.** Es una planta suculenta tropical. El gel de aloe vera se obtiene de las hojas de aloe vera y contiene un 99,5% de agua y el resto del gel está compuesto por carbohidratos, mucopolisacáridos, proteínas, enzimas, antraquinonas, cromonas, minerales, vitaminas, compuestos fenólicos y ácido salicílico.
2. **°Brix.** Los grados Brix miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido.
3. **Concentración.** Magnitud que expresa la cantidad de una sustancia por unidad de volumen, y cuya unidad en el sistema internacional es el mol por metro cúbico (mol/m<sup>3</sup>).
4. **Color.** El color a menudo se utiliza para determinar el contenido de pigmentos de un producto, que a su vez es un índice de calidad.
5. **Deshidratación osmótica.** La deshidratación osmótica (DO) es una técnica de remoción de agua que consiste en sumergir frutas u hortalizas, troceadas o enteras, en una solución hipertónica compuesta por solutos capaces de generar una presión osmótica alta, lo cual permite aumentar la vida útil y mejorar las características sensoriales del producto.
6. **Impregnación.** Penetrar las partículas de un cuerpo en las de otro, fijándose por afinidades mecánicas o fisicoquímicas.
7. **Miel de caña.** Técnicamente, la miel de caña o melaza es un residuo que se genera durante la producción de azúcar, cuando a la caña se la somete a un proceso de quema y prensado. El jugo que se obtiene de ese proceso se hierve y se centrifuga hasta obtener un líquido de textura viscosa y color oscuro, que es la miel.
8. **Presión.** Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie. La unidad que mide la presión es el pascal.
9. **Soluto.** Dicho de un cuerpo: Que está disuelto.
10. **Textura.** La textura de los alimentos se define como las propiedades de un alimento que se detectan al tacto en la boca y con las manos. Los alimentos pueden ser suaves o duros, blandos o crujientes, lisos o grumosos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación (mapa).

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca cito en la Av. Atahualpa 1050 Carretera Baños del Inca, en el Edificio 2H en los laboratorios de la EAP de Industrias Alimentarias, específicamente en el Laboratorio de Ingeniería.

Figura 1. Ubicación de laboratorio UNC



#### 3.2. Materiales e insumos

- Miel de caña: tuvo como procedencia el distrito de Magdalena, provincia de Cajamarca, Región Cajamarca.
- Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller): se obtuvo en la ciudad de Cajamarca, fue aloe vera cultivado de manera artesanal.

##### 3.2.1. Equipos de laboratorio.

- Bomba de vacío SARTORIUS 200-700 mbar
- Depósito hermético de acero inoxidable acoplado a una bomba de vacío.
- Erlenmeyer de vidrio de 1 litro.
- Balanza analítica digital marca PRECISA.

- Termómetro.
- Texturómetro Brookfield ct3.
- Colorímetro marca KÓNICA – MINOLTA.
- Agua destilada para laboratorio.
- Agua de mesa.
- Mesa de acero inoxidable
- Refractómetro marca HANNA.
- Utensilios: tinas, baldes, cuchillos, tablas de picar.
- Hipoclorito

### **3.2.2. Otros materiales**

- Laptop
- Memoria USB de 4 GB
- Cámara fotográfica digital.
- Útiles de escritorio.

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Variables**

#### **Independientes**

- Presión. La presión de vacío se generó con una bomba de vacío, las cuales fueron de 150mbar, 250mbar y 350mbar.
- Concentración de miel de caña (°Brix). Fueron soluciones de miel de caña a concentraciones de 40, 50 y 60°Brix.

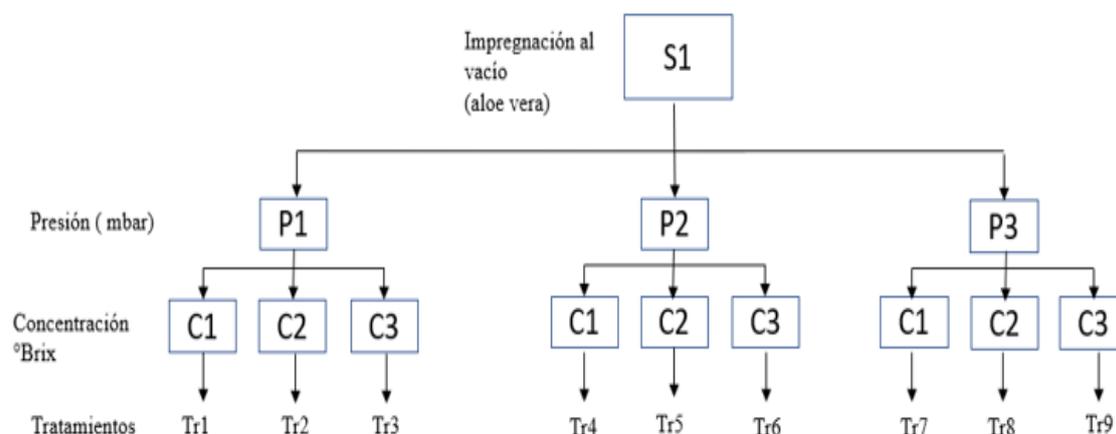
#### **Dependientes**

- Textura: Se determinó utilizando un texturómetro.
- °Brix del aloe vera: Los °Brix del aloe vera se determinó con el refractómetro.
- Color: Se evaluó a través del espacio CIElab.

### 3.3.2. Diseño experimental, arreglos de los tratamientos.

El diseño experimental que se empleó fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones y estructura factorial 3Ax3B. El primer factor (A) Presión (P1 = 150mbar, P2 = 250mbar y P3 =350mbar) El factor B corresponde a la concentración de soluto (C1= 40°Brix, C2= 50°Brix, C3= 60°Brix), con 9 tratamientos, donde la variable de respuesta es la concentración de miel de caña impregnado al vacío en aloe vera.

Figura 2. Diseño Experimental.



#### Donde:

- S1: Aloe vera.
- p1: presión de 150mbar.
- p2: presión de 250 mbar.
- p3: presión de 350 mbar.
- c1: concentración de miel de caña de 40°Brix.
- c2: concentración de miel de caña de 50°Brix.
- c3: concentración de miel de caña de 60°Brix.

Se tomaron dichos tratamientos para determinar las propiedades de textura, °Brix y color.

- Tr1 = Tratamiento 1.
- Tr2 = Tratamiento 2.

- Tr3 = Tratamiento 3.
- Tr4 = Tratamiento 4.
- Tr5 = Tratamiento 5.
- Tr6 = Tratamiento 6.
- Tr7 = Tratamiento 7.
- Tr8 = Tratamiento 8.
- Tr9 = Tratamiento 9.

Tabla 1. Matriz de tratamientos y combinación de niveles.

Tratamiento	Combinación de niveles		Repeticiones		
			n1	n2	n3
Tr1	c1	P1	-	-	-
Tr2	c1	P2	-	-	-
Tr3	c1	P3	-	-	-
Tr4	c2	P1	-	-	-
Tr5	c2	P2	-	-	-
Tr6	c2	P3	-	-	-
Tr7	c3	P1	-	-	-
Tr8	c3	P2	-	-	-
Tr9	c3	P3	-	-	-

### 3.3.3. Proceso de deshidratación del aloe vera por impregnación al vacío de miel de caña.

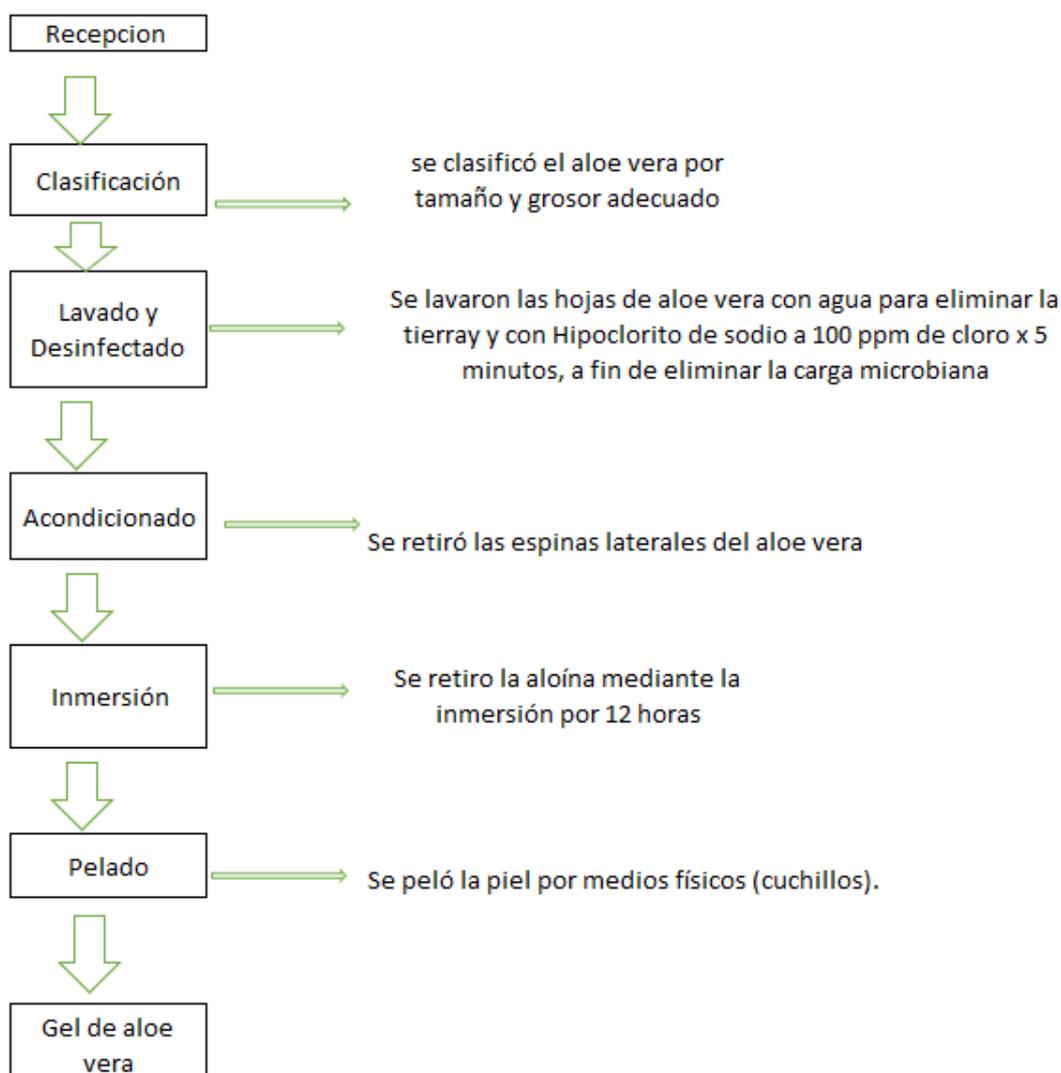
#### a) Procedimiento para la obtención del gel de aloe vera.

- Recepción. Se recepcionó el aloe vera en recipientes grandes.
- Clasificación. Se clasificaron las hojas de aloe vera teniendo en cuenta las que están en buen estado y las que presentaban mayor grosor.
- Lavado y desinfección. Se lavaron las hojas de penca sábila bajo chorro de agua para eliminar alguna suciedad que se haya producido durante la cosecha o traslado, posteriormente se desinfectó sumergiendo las muestras en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm de cloro durante 5 minutos.

- Acondicionado. Se acondicionó el aloe vera retirando las espinas laterales para facilitar la posterior eliminación de la aloína.
- Inmersión. Se realizó la inmersión del aloe vera en agua potable por 12 horas para la eliminación de la aloína.
- Pelado. Se peló el aloe vera mediante extracción mecánica de la corteza con un cuchillo, obteniéndose solamente el gel.

Chávez (2013) en su tesis “Influencia del tiempo de escaldado y concentración de jarabe en la elaboración de confitado de sábila” lavó el aloe vera con agua potable y un concentración de cloro de 50 ppm, sin embargo en nuestro caso se optó por realizar por separado el lavado y posterior desinfectado del aloe vera para reducir la carga microbiana, utilizando una concentración de hipoclorito de sodio de 100ppm de acuerdo a la guía para la limpieza y desinfección de manos y superficie del INACAL (2022) y de acuerdo con Toro (2023) quien también utilizó una concentración de 100ppm para sanitizar el Sachatomate antes de deshidratarlo osmóticamente con impregnación al vacío; asimismo, Chávez no realizó la eliminación de la aloína por inmersión del aloe vera en agua sino que dejó escurrir el acíbar por efecto de la gravedad y luego lavó el aloe vera, es importante optimizar esta etapa ya que la aloína tiene un color amarillento y se conoce que es tóxico, lo que puede afectar el color y otras características del producto final, en ese sentido se optó por inmersión en agua durante 12 horas para asegurar tu completa eliminación.

Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención del gel de aloe vera.



Fuente: elaboración propia, adaptado de (Ramachandra, 2008) y de la guía para la limpieza y desinfección de manos y superficies (INACAL 2022).

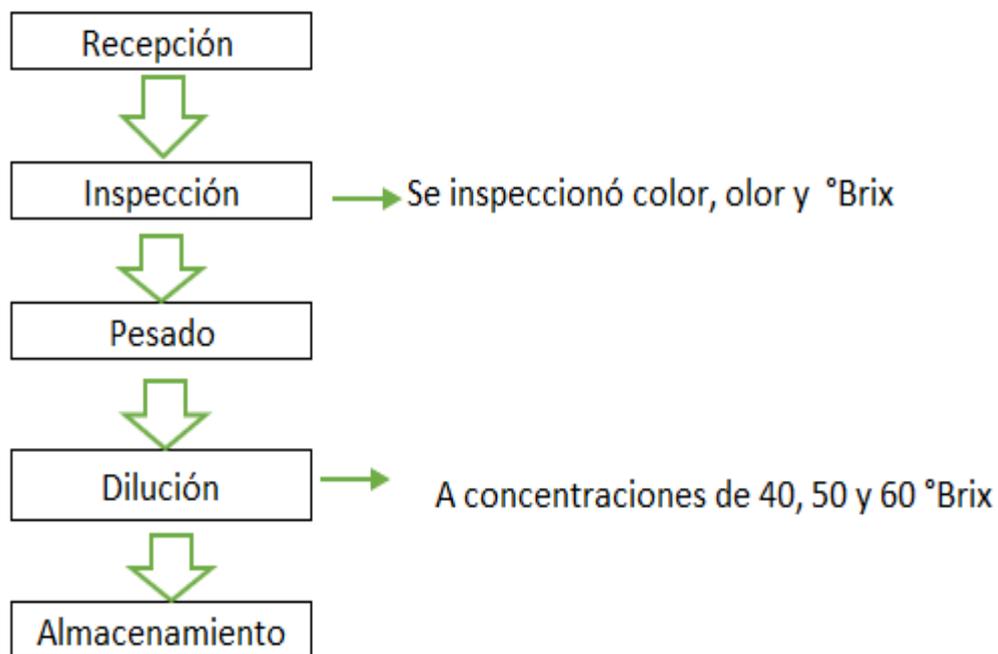
**b) Procedimiento de la preparación de la solución de miel de caña.**

- Recepción. Se recibió la miel de caña procedente del distrito de Magdalena en recipientes limpios y desinfectados.
- Inspección: Se inspeccionó la miel de caña teniendo en cuenta las características organolépticas de olor, color y °Brix (78 °Brix).
- Pesado. Se pesaron 100ml de miel de caña y se colocaron en vasos de precipitación.

- Dilución. Se realizó la dilución de la miel de caña agregando agua de mesa a los vasos de precipitación con miel de caña, hasta llegar a las concentraciones requeridas (40, 50 y 60 °Brix).
- Almacenamiento. Se almacenaron las soluciones en un ambiente limpio y desinfectado.

El procedimiento de preparación de una solución fue adaptada de Alegre y Linares (s.f.), quienes en su trabajo de investigación “Efecto de la temperatura y concentración de miel de abeja sobre la cinética de deshidratación osmótica y aceptabilidad general en la elaboración de snacks de mamey (*Mammea americana*), realizaron la preparación de la solución osmótica mezclando miel de abeja a 80.2°Brix con agua desionizada en diferentes proporciones hasta obtener las concentraciones de 30, 34, 45, 57 y 60°Brix.

Figura 4. Diagrama de flujo para la preparación de solución de miel de caña.



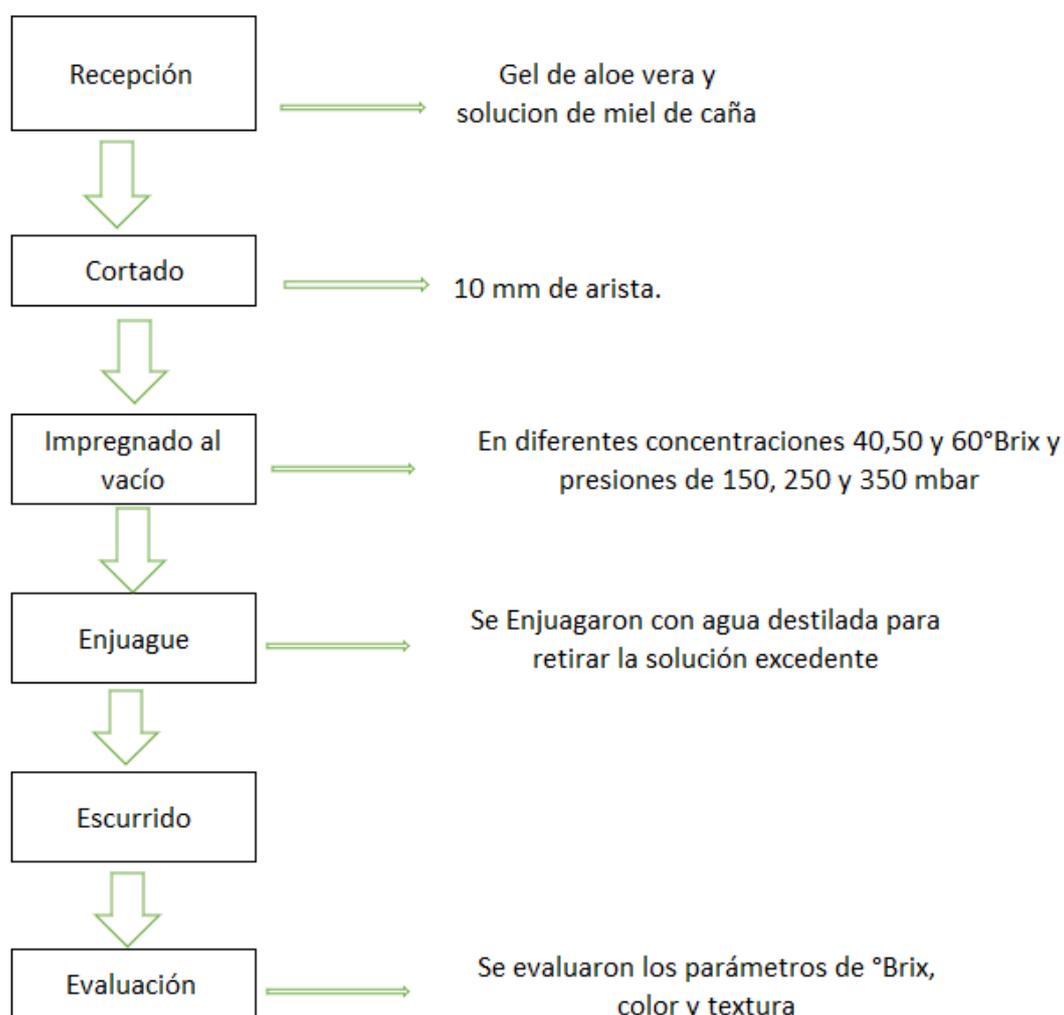
Fuente: elaboración propia, adaptada de la investigación de Procedimiento práctico para realizar diluciones (LAB, 2022) y de Alegre y Linares (s.f.).

**c) Procedimiento del proceso de deshidratación osmótica del gel de aloe vera por impregnación al vacío.**

- Acondicionado. Se acondicionó el gel de aloe vera cortándolo en cubos de 1 cm<sup>3</sup> con la ayuda de un bisturí debidamente limpio y desinfectado.
- Inmersión. Se realizó la inmersión de los cubos de aloe vera en las soluciones de miel de caña previamente preparados en vasos de precipitación. Se utilizó 5ml de solución por cada gramo de aloe vera.
- Impregnado al vacío. Se sometieron las soluciones con el aloe vera a presiones de vacío (150, 250 y 350 mbar) colocándolas en un equipo hermético de acero inoxidable acoplado a una bomba de vacío por un lapso de 10 minutos.
- Enjuague: Se enjuagaron las muestras de gel de aloe vera con agua destilada una vez retiradas de la bomba de vacío para eliminar la solución excedente.
- Escurrido: Se escurrieron las muestras colocándolas en coladores para eliminar el líquido excedente.
- Evaluación del producto final. Se evaluaron los parámetros de °Brix, color y textura de todas las muestras.

Cortez (2020) en su tesis “Estudio del efecto de las variables de proceso de impregnación por vacío sobre los atributos de calidad de manzanas frescas cortadas” utilizó un equipo de impregnación cuyo principio de funcionamiento fue similar al utilizado en esta investigación, con la diferencia de que, en dicha investigación, el vacuómetro y la bomba de vacío iban conectadas a un frasco de vidrio de capacidad de 3L, donde estaban las muestras de manzanas con la solución osmótica, esto permitió colocar el frasco con las muestras sobre un agitador magnético permitiendo la homogeneidad permanente en el proceso mediante la agitación de la solución osmótica, lo que no fue posible por lo que la deshidratación osmótica se realizó sin agitación mecánica constante.

Figura 5. Diagrama de flujo de deshidratación osmótica de aloe vera por impregnación al vacío de miel de caña



Fuente: elaboración propia adaptada de la investigación de Impregnación al vacío y sus parámetros operativos de (V. Ossa-Montoya, TecnoLógicas, 2023).

**d) Procedimiento de la medida de color del producto final.**

- Se utilizó un colorímetro de la marca KÓNICA – MINOLTA, modelo C400.
- Se tomó el producto deshidratado y se colocó en una base blanca no absorbente para evitar que el colorímetro lea incorrectamente.
- Se encendió y programó el equipo de colorimetría.
- Se ubicó el lente del equipo sobre la muestra deshidratada.
- Se tomó lectura anotando los resultados para los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ .

**e) Procedimiento de la medida de °Brix del producto final.**

- Se utilizó el Refractómetro marca HANNA.
- Se calibró el equipo con agua destilada poniendo en cero la medida de °Brix para garantizar mayor exactitud en los resultados.
- Se agregó la muestra cerciorándonos que todo el lente quede cubierto.
- Se oprimió la tecla read para de esta manera obtener los resultados en grados Brix del aloe vera deshidratado.
- Se procedió a tomar las medidas de los °Brix de cada una de las muestras, limpiando con agua destilada el lente después de cada lectura.
- Se anotaron los resultados.

**f) Procedimiento de la medida de textura del producto final.**

- Se procedió a prender el equipo (texturómetro Brookfield CT3) y se esperó a que se estabilice la lectura inicial en la pantalla.
- Se fijó el accesorio superior al eje de la sonda del instrumento alineándolo a la platina o base.
- Se tomaron las muestras de aloe vera deshidratadas y se colocaron en la base o platina.
- Se accionó el botón start para que la aguja baje hasta tener contacto con las muestras y se inicie la lectura.
- Se leyeron y se anotaron todos los resultados de la fuerza ejercida.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de color

#### 4.1.1. Análisis de Varianza para L\*

Tabla 2. Análisis de varianza L\*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Presión	111,802	1	111,802	77,00	0,0031
B: Concentración	0,980104	1	0,980104	0,68	0,4715
AA	24,2672	1	24,2672	16,71	0,0264
AB	0,2116	1	0,2116	0,15	0,7281
BB	1,43087	1	1,43087	0,99	0,3940
Error total	4,35579	3	1,45193		
Total (corr.)	143,047	8			

R-cuadrada = 96,955 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 91,88 %

Los resultados de la tabla 2 para la variable L muestra una alta significación estadística para el factor presión y también se observa significancia en la presión al cuadrado, puesto que  $p < 0.05$ , lo cual indica que estos factores producen efectos en el parámetro L de las muestras. Se entiende por efecto cuadrático, que, el efecto de la presión en cierto rango tiene un efecto positivo en el valor de L\*, sin embargo, al superar cierto valor de presión, éste tendrá un efecto negativo sobre este mismo parámetro.

Según Wais y Col (2011) durante la deshidratación osmótica los alimentos experimentan cambios fisicoquímicos que modifican su composición nutricional y sus características sensoriales, como, variaciones de color, propiedades mecánicas y pérdidas de componentes antioxidantes. Así mismo, Pompa (2017) menciona que el cambio de color en frutas y hortalizas es ocasionado por reacciones enzimáticas, sin embargo, Chen y Col. (2000) encontraron que debido al contenido de antioxidantes que posee la miel, éste reduce el efecto negativo de la reacción de pardeamiento catalizada por la enzima

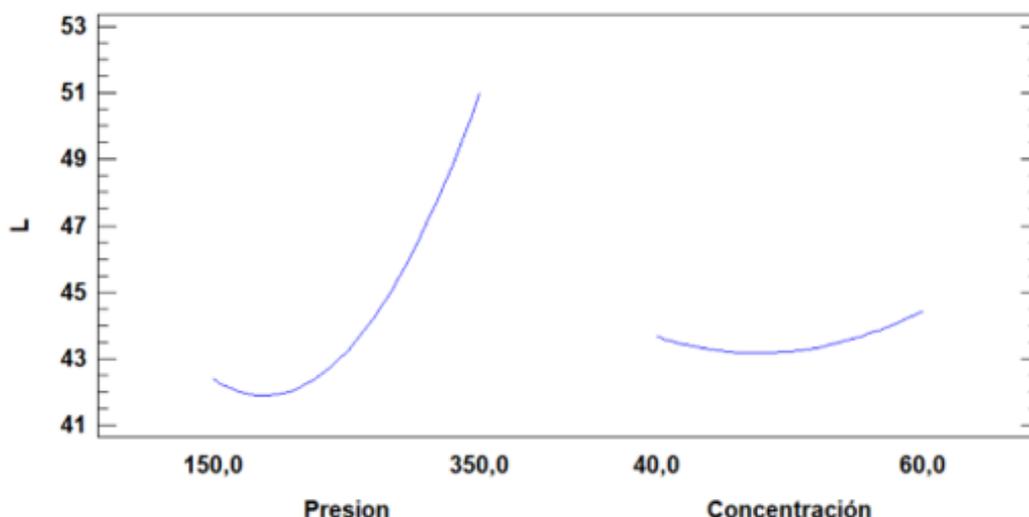
polifenoloxidasas, una característica antioxidante que también poseen tanto el aloe vera como la miel de caña.

Marín et al. (2006) mencionan que la deshidratación a altas temperaturas provoca cambios irreversibles en los alimentos tanto en el color como en la pérdida de textura. También mencionan que la combinación de deshidratación osmótica y aire caliente mantienen mejor el color superficial del pimiento que el secado solo por aire caliente, mientras que Laura (2023) obtuvo un color más oscuro en mangos que tuvieron un pretratamiento de deshidratación osmótica sin agitación mecánica.

Los resultados de la tabla 2 concuerdan con los de Saldaña (2020) al obtener como resultado que la presión tiene un efecto significativo sobre la luminosidad ( $L^*$ ) del aguaymanto, así mismo, Pompa (2017), obtuvo como resultado que la presión ejerce un efecto significativo en la luminosidad ( $L^*$ ) de yacón y también se concuerda con Fernández (2007) quien demostró que la luminosidad aumentó significativamente al aplicar presión de vacío (14 Pulg Hg vacuométricas) en comparación con una simple inmersión (0 Pulg Hg vacuométricas).

Se puede apreciar que el efecto lineal de la presión ejerce un efecto mucho más significativo (fue el factor más importante) que el efecto cuadrático de presión, es decir que a mayor presión va a haber un mayor valor de  $L^*$  en las muestras. Cabe mencionar que el efecto AA muestra una curvatura en el modelo, lo cual significa que la variable puede aumentar bajo algunas condiciones, pero puede disminuir en un rango determinado.

Figura 6. Gráfica de efectos principales para L\*



La figura 6 muestra los efectos principales de los factores en estudio (presión y concentración) de manera independiente, donde se observa que el nivel más alto (350 mbar) de presión produce un efecto positivo sobre el valor de L\* en las muestras, es decir, tiene una relación directa ya que la luminosidad aumenta a medida que la presión se incrementa, registrando un mayor aumento constante entre 250 y 350 mbar ya que se observa mayor pendiente, mientras que la concentración tiene promedios de luminosidad muy cercanas a lo largo del intervalo de 40 a 60 °Brix, teniendo un efecto negativo en el rango de concentración de 40 a 50 y un efecto posterior positivo a los 60°Brix.

El resultado de la figura 6 sobre el efecto de la concentración en la variable L\*, concuerdan con Fernández (2007) quien obtuvo también como resultado que la variación de la concentración tiene un efecto despreciable sobre el parámetro L\* en manzanas deshidratadas.

La ecuación que describe el modelo estimado para la luminosidad con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación:

$$L = 76,1853 - 0,1425 * \text{presión} - 0,862917 * \text{Concentración} + 0,000348333 * \text{Presión}^2 + 0,00023 * \text{presión} * \text{Concentración} + 0,00845833 * \text{Concentración}^2$$

Al optimizar el proceso la mayor luminosidad que se logra es de 52.48 y esto se obtiene a una presión de 350 mbar y una concentración de 60% tal como se muestra en la tabla N°3.

Estos resultados concuerdan con Pompa (2017) quien obtuvo como resultado que a mayor presión aumenta la luminosidad, pero que este comportamiento se ve afectado al sobrepasar los 400mbar de presión, ya que a esta presión  $L^*$  disminuye. En este estudio se aplicó una presión máxima de 350mbar, razón por la cual se justificaría que la luminosidad ( $L^*$ ) se mantuvo positiva a la presión máxima de 350mbar, sin embargo, como podemos ver en la figura 7, el valor de la luminosidad primero disminuye, lo que tendría concordancia con los resultados obtenidos por Pérez-Cabrera et al. (2011) quienes reportaron que en ensayos realizados en peras IV, con una presión de 50mbar disminuyeron el valor de  $L^*$ , lo que puede depender de otros factores como el tipo de producto, el tipo de soluto, la concentración, etc.

Tabla 3. Valor óptimo de  $L^*$

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Presión (mabar)	150,0	350,0	350,0
Concentración (°Brix)	40,0	60,0	60,0

#### 4.1.2. Análisis de Varianza para $a^*$

Tabla 4. Análisis de varianza para factor  $a^*$

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: presión	2,94	1	2,94	4,33	0,1289
B: Concentración	2,82907	1	2,82907	4,17	0,1339
AA	0,4418	1	0,4418	0,65	0,4790
AB	0,011025	1	0,011025	0,02	0,9067
BB	6,88205	1	6,88205	10,13	0,0500
Error total	2,03771	3	0,679236		
Total (corr.)	15,1416	8			

R-cuadrada = 86,5424 porciento

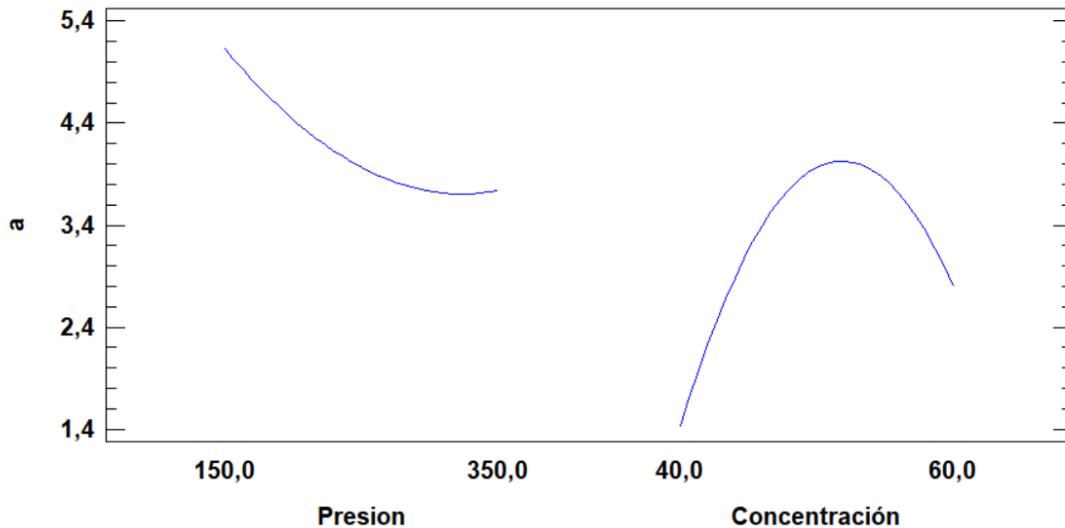
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 64,113 porciento

Los resultados de la tabla 4 para la variable  $a^*$  muestra significación para el efecto cuadrático de la concentración, puesto que  $p = 0.05$ , lo cual indica que al menos un tratamiento difiere de los demás, lo que concuerda con lo expresado por Pesante (2008), quien explica que durante el proceso de deshidratación osmótica se forma una capa de miel en la superficie del producto y al someterlo luego a altas temperaturas (mayores de  $50^{\circ}\text{C}$ ) se provoca la formación de pigmentos pardos, asimismo Contreras (2006) explica que en los procesos de deshidratación osmótica se generan cambios y pérdidas de color, debido a la modificación de las características de la superficie del alimento, así como de su color y reflectancia.

Cabe mencionar que el efecto BB muestra una curvatura en el modelo, lo cual significa que su efecto es positivo al aumentar la concentración de 40 hasta  $50^{\circ}\text{Brix}$ , pero al superar la concentración de  $50^{\circ}\text{Brix}$ , éste tiene un efecto contrario, es decir, un efecto negativo en el parámetro  $a^*$ .

Los resultados obtenidos en la tabla 4, tabla 5, figura 7 y la figura 8 sobre el efecto de la presión en los parámetros  $a^*$  y  $b^*$ , concuerdan con los resultados obtenidos por Varela et al. (2007) en manzanas Fuji, donde no se observaron diferencias significativas entre tratamientos a diferentes presiones de vacío; y por Cortez (2020) quien tampoco obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos a diferentes presiones de vacío para el parámetro  $a^*$  de manzanas Granny Smith frescas cortadas.

Figura 7. Gráfica de efecto principal para a\*



La figura 7 se muestra los efectos principales de los factores en estudio (presión y concentración) de manera independiente, donde se observa que el nivel más bajo (150 mbar) de presión produce un mayor valor de a\* y al superar esta presión se tiene un efecto negativo, es decir, el valor de a\* va bajando; mientras que el efecto de la concentración es cuadrática, es decir, que una concentración de 50°Brix tiene un efecto positivo en el valor de a\* con respecto al valor obtenido al aplicar una concentración de 40°Brix, pero al aplicar una solución de 60°Brix se produce un efecto negativo en este mismo parámetro pues se obtiene un menor valor.

La ecuación que describe el modelo estimado para el parámetro a\* con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación.

$$a = -41,8104 - 0,027875 \cdot \text{Presión} + 1,93679 \cdot \text{Concentración} + 0,000047 \cdot \text{Presión}^2 - 0,0000525 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Concentración} - 0,01855 \cdot \text{Concentración}^2$$

Al optimizar el proceso el mayor valor para a\* que se logra es de 5.21 y esto se obtiene a una presión de 150 mbar y una concentración de 51.9 % de concentración tal como se muestra en la tabla N°5

Tabla 5. Valor óptimo de a\*

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Presión (mbar)	150,0	350,0	150,0
Concentración (°Brix)	40,0	60,0	51,9922

#### 4.1.3. Análisis de Varianza para b\*

Tabla 6. Análisis de varianza para b\*

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Presión	0,003174	1	0,003174	0,00	0,9548
B: Concentración	0,0556807	1	0,0556807	0,07	0,8134
AA	1,15621	1	1,15621	1,38	0,3252
AB	0,188356	1	0,188356	0,22	0,6680
BB	0,00989356	1	0,00989356	0,01	0,9204
Error total	2,51786	3	0,839286		
Total (corr.)	3,93118	8			

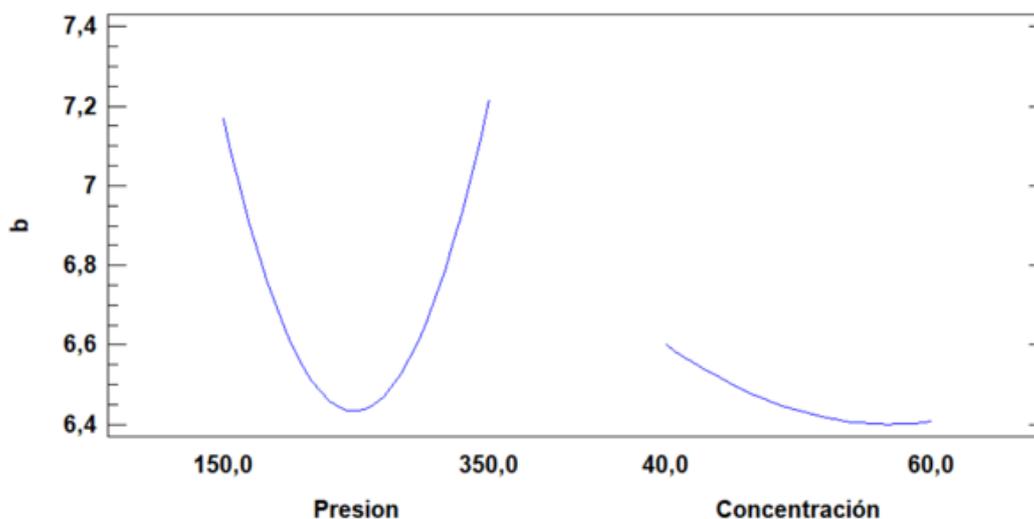
R-cuadrada = 35,9515 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0,0 por ciento

Los resultados de la tabla 6 para la variable b\* muestra que no hay significación estadística para ningún factor en estudio, puesto que  $p > 0.05$ , es decir, todos los tratamientos son iguales. Esta afirmación se corrobora también en la figura N° 8.

Estos resultados se contraponen con los resultados obtenidos por Chuquipompa (2018) para el aguaymanto, donde el parámetro b\* tuvo influencia significativa tanto de la concentración como de la presión, sin embargo, esto puede deberse a la diferencia entre la estructura del aguaymanto y el aloe vera, ya que Duque et al. (2007) mostraron que el color no se ve afectado en la deshidratación osmótica con pulsos de vacío en aquellas frutas que no presentan espacios intercelulares en su estructura, mientras que en aquellos que presentan porosidad, la deshidratación osmótica afecta significativamente el color.

Figura 8. Gráfica de efectos principales para b\*.



En la figura 8 se muestran los efectos principales para el parámetro b\*, se observa en la gráfica que el efecto de la presión tiene una tendencia en “U” pues al aplicar una presión de 250 mbar el valor de b\* disminuye con respecto al valor obtenido a una presión de 150mbar, para posteriormente aumentar este valor al aplicar una presión de 350mbar, cabe mencionar que, ninguno de los factores muestra significancia estadística entre los rangos trabajados tanto de presión como de concentración.

La ecuación que describe el modelo estimado para el parámetro b\* con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación.

$$b = 16,0802 - 0,0486367 \cdot \text{Presión} - 0,134217 \cdot \text{Concentración} + 0,0000760333 \cdot \text{Presión}^2 + 0,000217 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Concentración} + 0,000703333 \cdot \text{Concentración}^2$$

Al optimizar el proceso el mayor valor para b\* que se alcanza es de 7.55 y esto se obtiene a una presión de 150 mbar y una concentración de 40 % de concentración tal como se muestra en la tabla N°7.

Tabla 7. Valor óptimo de b\*

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Presión (mbar)	150,0	350,0	150,0
Concentración (°Brix)	40,0	60,0	40,0

## 4.2. Análisis de Varianza para °Brix

Tabla 8. Análisis de varianza para °Brix

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Presión	3,375	1	3,375	2,56	0,2077
B: Concentración	0,135	1	0,135	0,10	0,7698
AA	17,2089	1	17,2089	13,07	0,0364
AB	0,81	1	0,81	0,62	0,4901
BB	0,347222	1	0,347222	0,26	0,6431
Error total	3,95111	3	1,31704		
Total (corr.)	25,8272	8			

R-cuadrada = 84,7018 por ciento.

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 59,2047 por ciento.

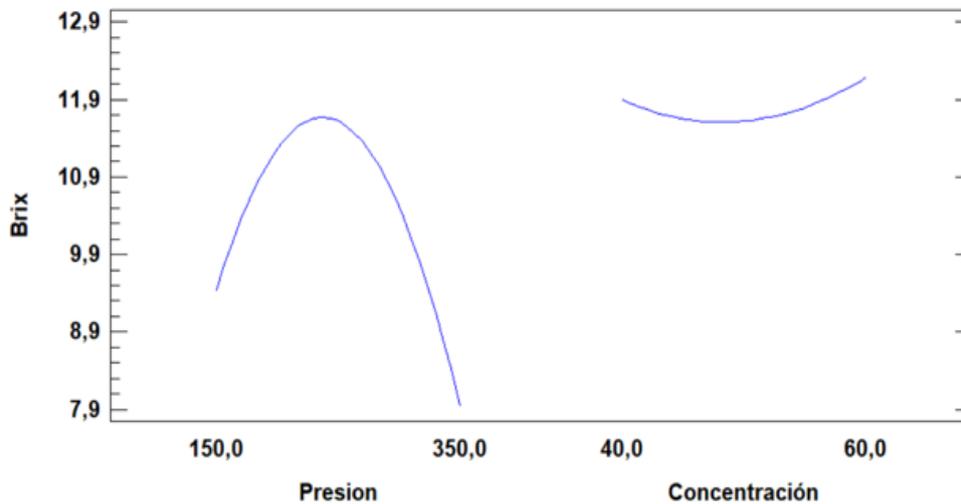
Los resultados de la tabla 8 para la variable grados brix muestra significación estadística para el efecto cuadrático de la presión, puesto que  $p < 0.05$ , lo cual indica que este factor tiene efecto sobre los grados brix de las muestras. Debido al efecto cuadrático de la presión se concluye que los datos experimentales se ajustan a un modelo cuadrático con un  $R^2$  de 84.70 %.

Según la tabla 8, solo hay significancia para el factor AA mientras que para la concentración no hay significancia, esto se contrapone a los resultados obtenidos por García-Segovia et al. (2010), en cuya investigación la concentración de la solución mostró una diferencia significativa en las medias de la ganancia de sólidos solubles en rodajas de sábila. Asimismo, Chuquipoma (2018) observó un aumento en el contenido de sólidos solubles en el aguaymanto, alcanzando 42°Brix para el tratamiento sometido a 50°Brix y una presión de 200mmHg.

Banda (2016) obtuvo como resultado que la concentración y el tiempo de vacío mostraron una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en las medias de la ganancia de sólidos solubles, pero que, sin embargo, la concentración tiene un efecto negativo y cuadrático con referencia a los sólidos solubles, lo que no concuerda con esta investigación según

se puede observar en la figura 9.

Figura 9. Gráfica de efecto principal para °Brix



En la figura 9 se muestran los efectos principales para grados brix, donde se observa una curvatura en la tendencia de los efectos de la presión con lo cual se reafirma el efecto cuadrático de este factor, pues como se puede observar, al aplicar una presión de 250mbar se obtuvo un mayor valor de °Brix que al aplicar 150mbar, disminuyendo este valor al aplicar una presión de 350mbar, alcanzando incluso un valor menor que el obtenido a 150mbar, mientras que la concentración no tiene un efecto significativo sobre el parámetro de °Brix.

La ecuación que describe el modelo estimado para el parámetro grados Brix con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Brix} = & -0,794444 + 0,161667 \cdot \text{Presión} - 0,289167 \cdot \text{Concentración} - \\ & 0,000293333 \cdot \text{Presión}^2 - 0,00045 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Concentración} + \\ & 0,00416667 \cdot \text{Concentración}^2 \end{aligned}$$

García-Segovia et al. (2010), en su investigación observó que las velocidades más altas de ganancia de sólidos se obtuvieron para muestras de aloe vera sin pelar sometidas a soluciones de 35-50°Brix, mientras que las muestras sometidas a 65°Brix causaron una

reducción en la velocidad de ganancia de azúcar tanto para muestras sin pelar como para muestras peladas, lo que tendría concordancia con lo observado en la figura 9, ya que la máxima concentración a la cual fue sometida la muestra fue a 60°Brix, por esto se mantuvo en aumento la ganancia de sólidos solubles.

Al optimizar el proceso, el mayor valor para grados brix que se alcanza es de 12.31 y esto se obtiene a una presión de 229.55 mbar y una concentración de 60 % tal como se muestra en la tabla N°9.

Tabla 9. Valor óptimo de °Brix

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Presión (mbar)	150,0	350,0	229,553
Concentración (°Brix)	40,0	60,0	60,0

### 4.3. Análisis de Varianza para Textura.

Tabla 10. Análisis de varianza para textura.

<i>Fuente</i>	<i>Suma Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Presión	0,00281667	1	0,00281667	0,00	0,9874
B: Concentración	12,8481	1	12,8481	1,34	0,3316
AA	1768,74	1	1768,74	183,82	<b>0,0009</b>
AB	0,0016	1	0,0016	0,00	0,9905
BB	0,325356	1	0,325356	0,03	0,8658
Error total	28,8668	3	9,62228		
Total (corr.)	1810,78	8			

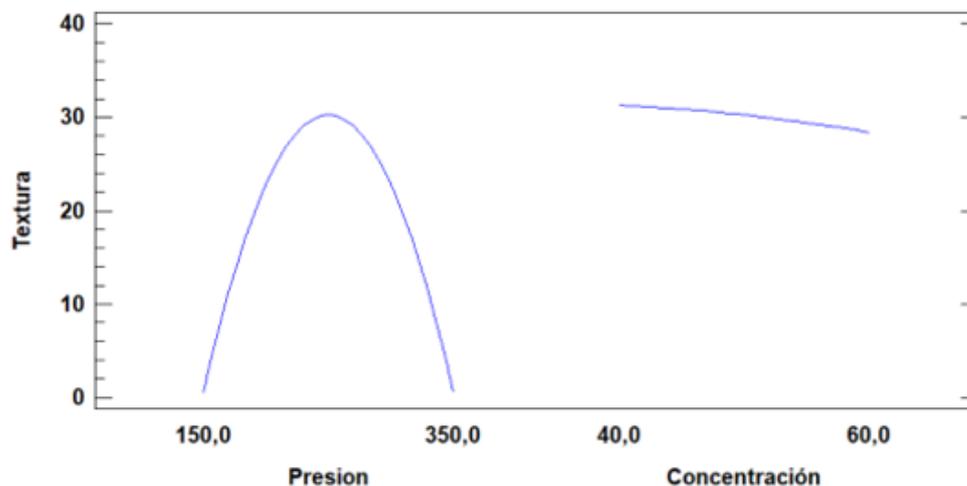
R-cuadrada = **98,4058** porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **95,7489** porciento

Los resultados de la tabla 10 para la variable textura muestra significación estadística para los efectos cuadráticos de la presión, puesto que  $p < 0.05$ , lo cual indica que influye en los valores de la textura de las muestras. Debido al efecto cuadrático de la presión se concluye que los datos experimentales se ajustan a un modelo cuadrático con un  $R^2$  de 98.41 %.

Este resultado sobre el efecto de la concentración, no concuerda con el resultado obtenido por Banda (2016), quien demostró que la concentración tiene efecto significativo y negativo sobre la textura del aloe vera, ya que el valor de  $p$  fue  $< 0.05$ , con un nivel de confianza del 95%, mientras que la presión es un factor significativo pero con un efecto cuadrático, ya que presenta un efecto positivo hasta cierta presión aplicada (250mbar), pero al superar esa presión se produjo un efecto negativo, tanto en esta investigación como en la investigación de Banda, esto puede deberse también a que, tal como lo indica el mismo autor, a mayor tiempo de vacío la textura aumenta, debido a la mayor impregnación de los solutos en tiempos prolongados.

Figura 10. Gráfica de efecto principal para textura



La grafica 10 muestra los efectos principales para textura, se observa una curvatura en la tendencia de los efectos de la presión con lo cual se reafirma el efecto cuadrático de este factor, la textura aumentan al aplicar una presión 250 mbar y disminuye al aplicar 350 y 150 mbar, los valores de la textura para ambas presiones son iguales estadísticamente, por otro lado, se observa la tendencia del efecto de la concentración lo cual presenta un ligero aumento de textura al trabajar con una concentración de 40% y menor textura al aplicar una mayor concentración (60%).

En cuanto al efecto de la concentración, lo que se observa en la figura 10 puede haberse debido a lo indicado por Banda (2016) quien obtuvo como resultado que los trozos de sábila sometidos a tratamientos con niveles altos de concentración presentaban una textura blanda y gelatinosa, lo que se debe principalmente al daño que sufren las células vegetales al estar en contacto en soluciones muy concentradas, sin embargo, se debe tomar en cuenta la estructura del producto.

La ecuación que describe el modelo estimado para el parámetro textura con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Textura} = -158,167 + 1,48613 \cdot \text{Presión} + 0,252 \cdot \text{Concentración} - 0,00297383 \cdot \text{Presión}^2 + 0,00002 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Concentración} - 0,00403333 \cdot \text{Concentración}^2$$

Al optimizar el proceso el mayor valor para textura que se logra es de 31.33 y esto se

obtiene a una presión de 250 y una concentración de 40 % tal como se muestra en la tabla N°11.

Tabla 11. Valor óptimo de textura

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Presión (mbar)	150,0	350,0	250,0
Concentración (°Brix)	40,0	60,0	40,0

## V. CONCLUSIONES

- La presión presentó un efecto significativo tanto lineal como cuadrático sobre la luminosidad, obteniéndose un valor positivo máximo de 55.07 a una presión de 350mbar, un efecto significativo cuadrático sobre los °Brix del gel de aloe vera, siendo el mayor valor obtenido el de 17.3 a una presión de 250 mbar de presión y un efecto significativo cuadrático sobre la textura cuyo valor máximo fue 0.41 a una presión de 350 mbar; mientras que, para  $a^*$  y  $b^*$  no se observó significancia estadística dentro de los parámetros de presión trabajados (150, 250 y 350 mbar), pero si se observaron variaciones con respecto a la muestra patrón obteniéndose el mayor incremento en ambos factores a una presión de 150 mbar ( $a^*$  se incrementó en 8.16 y  $b^*$  se incrementó en 4.67).
- La concentración de miel de caña solamente presentó un efecto significativo cuadrático para la variable  $a^*$ , obteniéndose el mayor valor de 9.95 a una concentración de 60°Brix, variando en 8.16 con respecto a la muestra patrón, mientras que para los demás parámetros fisicoquímicos ( $L^*$ ,  $b^*$ , °Brix del gel de aloe vera, textura) no presentó significancia estadística dentro del rango de concentraciones trabajadas (40, 50 y 60°Brix) pero si se observaron variaciones con respecto a la muestra patrón, siendo la mayor variación positiva para:  $L^*$  en 9.61 a una concentración de 40°Brix,  $b^*$  en 4.67 a una concentración de 60°Brix, °Brix del gel de aloe vera en 15.6 a una concentración de 50°Brix y textura en 0.19 a una concentración de 60°Brix.

## VI. RECOMENDACIONES

- La presión tuvo efecto significativo sobre los parámetros fisicoquímicos excepto para  $a^*$  y  $b^*$ , por lo que esta investigación se debería complementar aplicando un rango de presiones mayor a los trabajados en esta investigación, es decir, se debería trabajar con presiones inferiores a 150mbar y superiores a 350 mbar y con un equipo que permita la agitación constante de la solución osmótica.
- Exceptuando el parámetro  $a^*$ , al no haberse observado efectos significativos de la concentración de miel de caña dentro del rango de concentraciones trabajadas (40, 50 y 60°Brix) sobre los parámetros  $L^*$ ,  $b^*$ , textura y °Brix del gel de aloe vera, se recomienda realizar más investigaciones utilizando concentraciones superiores a 60°Brix, pues al no haber tenido un efecto cuadrático se podría inferir que si se aplicaren concentraciones mayores se observarían efectos significativos de esta variable.
- En esta investigación no se evaluó la influencia del color de la miel de caña sobre el color del gel de aloe vera osmodeshidratado en comparación con otro tipo de solutos, por lo que se deberían realizar mayores investigaciones sobre este factor.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alegre y Linares (s.f.), Efecto de la temperatura y concentración de miel de abeja sobre la cinética de deshidratación osmótica, y aceptabilidad general en la elaboración de snacks de mamey (*Mammea americana*) *Innovación en Ingeniería. Revista de Investigación de Estudiantes en ingeniería*, 2. <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/innovacion/article/view/1705>
- Domene, M. & Segura M. (2014) Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. *Negocio agroalimentario y cooperativo* 005 <https://www.cajamar.es/storage/documents/005-calidad-interna-1410512030-cc718.pdf>
- Banda, A. (2016) *Desarrollo de Una de Bebida de Mora (Rubus Glaucus Benth) Con Trozos Deshidratados de Sábila (Aloe Vera L.) Por Ósmosis e Impregnación al Vacío*. [ Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional.] <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16935>
- Castillo, S. y Villena, C. (2020). *Elaboración de Bebidas Enriquecidas Con Trozos de Sábila (Aloe Vera) Deshidratados Por Ósmosis, Saborizadas a Naranja y Limón*. [ Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal Del Carchi] <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/965>
- Carpetano Rubio B. *Elaboración De Productos Funcionales De Manzana (var. Granny Smith) Enriquecida Con Aloe Vera*. 15 de diciembre de 2011 [citado 12 de abril de 2024]; Disponible en: <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/14025>
- Chávez (2013) *Influencia Del Tiempo De Escaldado Y Concentración De Jarabe En La Elaboración De Enconfitado De Sábila (Aloe vera)* [ Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas]
- Chen, I. Mehta, a. Berenbaum, m. Zangerl, a. Engeseth, n. Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetables homogenates. *Journal of agriculture and food chemistry*, 48: 4997- 5000, 2000.
- Contreras (2006) *Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas* [ Tesis de posgrado Universidad Politécnica de Valencia].
- Cortez (2020) *“Estudio Del Efecto De Las Variables De Proceso En La Impregnacion Al Vacio Sobre Los Atributos De Calidad De Manzanas Frescas Cortadas”* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Litoral Facultad De Ingeniería Química] <http://www.bibliotecas.unl.edu.ar/vufind/Record/293698.2.f>
- Domínguez, F. y Vázquez, A. et al. (2012).El Gel de Aloe Vera: Estructura, Composición Química, Procesamiento, Actividad Biológica e Importancia En La Industria Farmacéutica y Alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 11(1):23–43. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-27382012000100003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000100003)
- [Impregnación al vacío y sus parámetros operativos: una revisión | TecnoLógicas \(itm.edu.co\)](#)
- Fito, P & Amparo C, et al. (2001). “Vacuum Impregnation for Development of New Dehydrated Products.” *Journal of Food Engineering* 49(4):297–302. doi: 10.1016/S0260-8774(00)00226-0.
- Granados, C. y Torrenegra, M. et al. (2020). “Deshidratación Osmótica Método Alternativo De Conservación De Alimentos.” *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria* 17(2).
- Gutierrez, J. y Jose Fernando C. (2017). Análisis Fi Sicoquímico de Las Hojas de Eucalipto Camaldulensis y Su Hidrolizado, Como Sustrato En La Producción de Xilitol. *Ingeniería Y Ciencia* 22(4):76–83. <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/41>

- Hervas, P. y Patricia, M. (2011). "Estudio de La Influencia de Grados Brix Del Chaguar Mishque Para La Obtención de Una Bebida Carbonatada Tipo Champagne. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica De Ambato] <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3105/1/PAL259.pdf>
- Fernández (2007) "Estudio de la impregnación a vacío de miel y su efecto en atributos de calidad de hojuelas de manzana (var. Granny Smith) deshidratadas" [Tesis de pregrado, Universidad De Chile Facultad De Ciencias Químicas Y Farmacéuticas Departamento De Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos] [https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/fernandez\\_p/sources/fernandez\\_p.pdf](https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/fernandez_p/sources/fernandez_p.pdf)
- Janjai, S. & Bala, K. (2012). Solar Drying Technology. *Food Engineering Reviews* 4(1):16–54. doi: 10.1007/S12393-011-9044-6/Metrics. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12393-011-9044-6>
- Jhoana, C. y Carlos, A. (2012). Contenido de Polifenoles y Capacidad Antioxidante de Bebidas Elaboradas Con Panela. *Órgano Oficial de La Sociedad Latinoamericana de Nutrición* 62.
- Kim, K.& Jin G, Do (1998). "The Development of a New Method to Detect the Adulteration of Commercial Aloe Gel Powders." *Archives of Pharmacal Research* 21(5):514–20. doi: 10.1007/BF02975367. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222012000300014](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222012000300014)
- Laura (2023) *Evaluación de la Variación de Color y Textura en Mango (mangifera indica l.) Deshidratado por Ósmosis y Aire Caliente*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De Cajamarca]
- López, M. (2021). "Vida Científica Boletín Científico de La Escuela Preparatoria No. 4 Soluciones Solutions." *Publicación Semestral* 9(17). <https://www.latindex.org/latindex/ficha/26122>
- Marín et al (2006) La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista de ciencia y tecnología. Chile*, 33, [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071775182006000500009&script=sci\\_arttext&lng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071775182006000500009&script=sci_arttext&lng=en).
- Muñiz, B. y Hernández, S. (2013). Empleo Del Método de Secado Convectivo Combinado Para La Deshidratación de Papaya (Carica Papaya L.), Variedad Maradol Roja." *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22:31–37. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542013000500004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500004)
- NIH Instituto Nacional del cáncer. (2022). "Diccionario de Cáncer Del NCI - NCI." Retrieved October 12, 2023, <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/ph>.
- Onega, M. y Ruiz, F. (2003). *Evaluación de La Calidad de Carnes Frescas: Aplicación de Técnicas Analíticas, Instrumentales y Sensoriales*. [Tesis de doctorado Universidad Complutense de Madrid]. <https://docta.ucm.es/entities/publication/97d71938-089f-4ce1-ba25-7aa94312f39f>
- Ortiz, M. y Romo, K. (2019). *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos Deshidratación de Manzana Granny Smith a Partir de Dos Tecnologías de Secado*." 4(1):416–21. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/3/57.pdf>
- Saldaña (2020) "Efecto de las Presiones y Concentraciones de Acido Ascórbico en el Color y Textura Durante el Almacenamiento del Aguaymanto (physalis peruviana l.) Impregnado al vacío" [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca] <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4068/tesis%20terminada.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Sahin y Gülüm, (2006) *Propiedades Físicas De Los Alimentos*. Acibia. <https://es.scribd.com/doc/305191698/Propiedades-fisicas>
- Peinado, Jose. Y Herrera, R. (2013). Deshidratación de Alimentos Utilizando Energía Solar

- Térmica. CULCyT.
- Pompa, L. (2017). *Efecto de La Impregnación al Vacío de Penca Sábila (Áloe Vera) Deshidratación En Yacon (Smallanthus Sonchifolius) y Manzana (Malus Doméstica) En La Disminución Del Pardeamiento Enzimático.* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1728>
- Ramachandra, C, & Srinivasa R. (2008). "Processing of Aloe Vera Leaf Gel: A Review." *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3(2):502–10.
- Sammic. (2019). Envasado Al Vacío. <https://docplayer.es/193816524-Envasado-al-vacio-nociones-basicas.html>
- Pesante D. (2008). *Composición de la Miel de Abejas* [Tesis de Pregrado Universidad de Puerto Rico]
- García-Segovia et al. (2010) *Deshidratación osmótica de Aloe vera (Aloe barbadensis Miller)* Revista de ingeniería alimentaria Volumen 97, Número 2 , Páginas 154-160 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.004>
- Chuquipoma (2016) *Estudio de la cinética de osmodeshidratación aplicando vacío en aguaymanto (Physalis peruviana L.)* [ tesis de pregrado Universidad Peruana Unión Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Escuela Profesional De Ingeniería De Alimentos] <https://core.ac.uk/download/478793675.pdf>
- Spiazzi, E. & Mascheroni, R. (2001). "Modelo de Deshidratación Osmótica de Alimentos Vegetales." *MAT Serie A* 4. doi: 10.26422/mat.a.2001.4.spi. [https://www.researchgate.net/publication/265078537\\_Modelo\\_de\\_deshidratacion\\_osmotica\\_de\\_alimentos\\_vegetales](https://www.researchgate.net/publication/265078537_Modelo_de_deshidratacion_osmotica_de_alimentos_vegetales)
- V. Ossa-Montoya (2023) *Impregnación al vacío y sus parámetros operativos: una revisión* 26, núm. 56, e2605 <https://doi.org/10.22430/22565337.2605>
- Vega, N. & Lemus, M. (2005). El aloe vera (Aloe barbadensis Miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista Chilena de Nutrición* 32(3):208–14. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182005000300005](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000300005)
- Velásquez, J. & Mendieta, S. (2019). "Non-Centrifugal Cane Sugar Processing: A Review on Recent Advances and the Influence of Process Variables on Qualities Attributes of Final Products." *Journal of Food Engineering* 255:32–40. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2019.03.009.
- Vogler, B. & E. Ernst. 1999. "Aloe Vera: A Systematic Review of Its Clinical Effectiveness." *The British Journal of General Practice* 49(447):823. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1313538/>
- Wais N. 2011. Secado combinado de frutas: deshidratación osmótica y microondas. [internet]. [Consultado 2018 jul 12]. <http://hdl.handle.net/10915/38494>.
- Zavala, Z. & Lucero, Castro Y. (2020). "Optimización de Deshidratación de La Semilla de Mango Con Microondas y Conservación de Los Compuestos Fenólicos." *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 7(1). [https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/3-RMAE\\_2019-33-Mango-To-edit.pdf](https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/3-RMAE_2019-33-Mango-To-edit.pdf)

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Resultados experimentales

Agente Osmótico	Presión	Concentración	Repetición	Textura (N)	Gados Brix	color		
						(L*)	(a*)	(b*)
muestra de control				0,22	1,7	45,46	1,79	5,48
Miel de caña	150	40	1	0,25	5,8	48,65	0,68	7,74
Miel de caña	150	50	2	0,15	4,8	49,74	2,6	5,91
Miel de caña	150	60	3	0,32	9,9	45,83	0,34	7,27
Miel de caña	150	40	1	0,24	11,4	39,95	5,3	6,5
Miel de caña	150	50	2	0,15	13,6	44,28	1,43	8,12
Miel de caña	150	60	3	0,31	10,2	42,22	0,78	6,05
Miel de caña	150	40	1	0,25	7,1	45,43	4,34	6,51
Miel de caña	150	50	2	0,16	7,4	48,6	7,95	3,8
Miel de caña	150	60	3	0,32	9,7	43,9	9,95	10,15
Miel de caña	250	40	1	0,34	6,1	51,34	3,26	8,05
Miel de caña	250	50	2	0,31	7,7	52,68	1,89	7,15
Miel de caña	250	60	3	0,25	5,3	54,72	0,73	7,74
Miel de caña	250	40	1	0,33	10,5	41,02	1,56	8,27
Miel de caña	250	50	2	0,31	7,3	38,46	2,6	6,86
Miel de caña	250	60	3	0,26	10,2	45,15	3,65	8
Miel de caña	250	40	1	0,26	11,6	47,71	2,02	9,41
Miel de caña	250	50	2	0,3	17,3	45,17	5,59	8,52
Miel de caña	250	60	3	0,26	14,5	45,11	8,52	4,4
Miel de caña	350	40	1	0,26	7,2	47,82	0,37	6,36
Miel de caña	350	50	2	0,18	10	43,94	2,13	6,97
Miel de caña	350	60	3	0,41	9,7	41,38	1,6	8,38
Miel de caña	350	40	1	0,26	11,8	46,64	1,6	7,93
Miel de caña	350	50	2	0,31	6,5	53,6	6,04	6,74
Miel de caña	350	60	3	0,35	7	50,15	3,88	4,33
Miel de caña	350	40	1	0,26	7,2	55,07	0,76	8,03
Miel de caña	350	50	2	0,29	7	49,82	0,9	6,57
Miel de caña	350	60	3	0,33	9,8	54,14	0,94	9,74

## Anexo 2. Sección fotográfica



Planta de penca sábila



Miel de caña



Bomba de vacío



Refractómetro



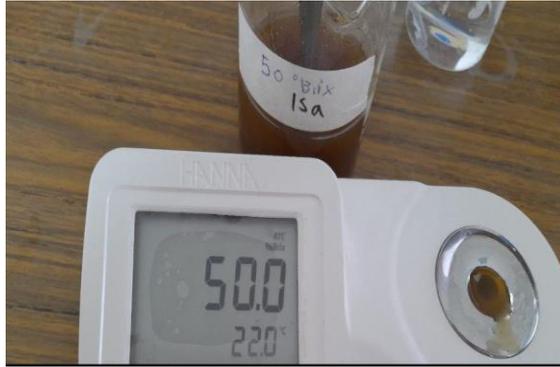
Texturómetro



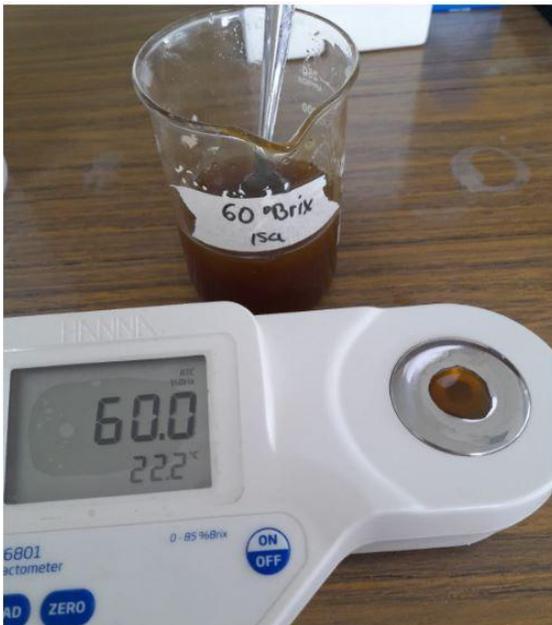
Balanza analítica



Muestra de 40°Brix



Muestra de 50°Brix



Muestra de 60°Brix



Colorímetro



Preparando las muestras



Peso de las muestras



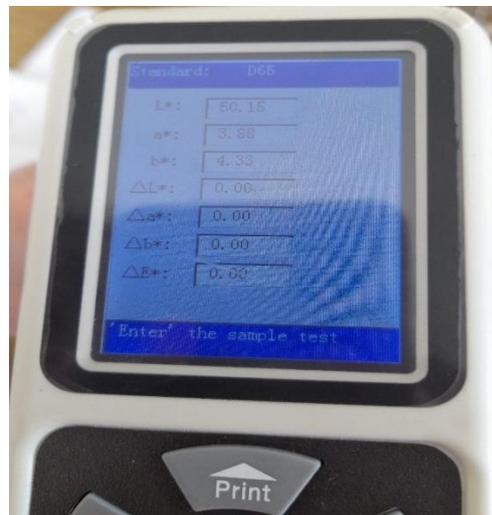
Midiendo la temperatura de la solución



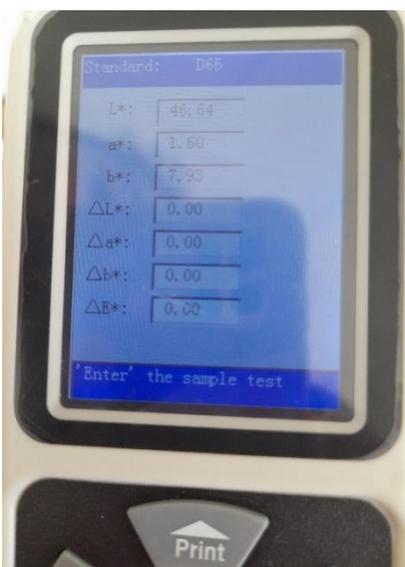
Muestras dentro de la bomba de vacío



Calibrando las bomba de vacío



Medición de color



Medición de muestra de color



Medición de °Brix



Medición de °Brix

**Cambios en el color en vivo del aloe vera.**

<p>Muestra patrón</p>	<p>Muestras a 150mbar (M1= 40°Brix, M2 = 50°Brix, m3 = 60°Brix).</p>
<p>Muestras a 250mbar (M1= 40°Brix, M2 = 50°Brix, m3 = 60°Brix).</p>	<p>Muestras a 350mbar (M1= 40°Brix, M2 = 50°Brix, m3 = 60°Brix).</p>