

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIPO DE AGENTE OSMÓTICO EN LOS
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL *Aloe barbadensis* Miller
OSMODESHIDRATADO”**

T E S I S

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por el Bachiller:

JUAN CARLOS IRIGOIN CUBAS

Asesores:

Dr. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ

MBA. Ing. MARY DIANA HERRERA CHILÓN

CAJAMARCA – PERÚ

2024



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 doce días del mes de diciembre 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° 293-2024-FCA-UNC, de fecha 17 de julio del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIPO DE AGENTE OSMÓTICO EN LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL *Aloe barbadensis* Miller OSMODESHIDRATADO", realizada por el Bachiller JUAN CARLOS IRIGOIN CUBAS para optar el Título Profesional de INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

A las ocho horas y veinte 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, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

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

Ing. M. Sc. Fanny Lucía Rimarachín Chávez
PRESIDENTE

Dr. José Gerardo Sahuana Granados
SECRETARIO

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
VOCAL

Dr. Jimy Frank Oblitas Cruz
ASESOR

Ing. Mary Diana Herrera Chilón
ASESORA



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
JUAN CARLOS IRIGOIN CUBAS
DNI: N° 45913620
Escuela Profesional/Unidad UNC:
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:
Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
Ing. Mary Diana Herrera Chilón
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIPO DE AGENTE OSMÓTICO EN LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL *Aloe barbadensis* Miller OSMODESHIDRATADO.
6. Fecha de evaluación: 16/01/2025
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 13%
9. Código Documento: oid:::3117:421394252
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 20/01/2025

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

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación está dedicado a Dios, por darme vida, salud y acompañarme siempre en el trajín de mi vida y mi carrera profesional.

A mis Padres, quienes me han entregado el maravilloso don de la vida y por enseñarme que con esfuerzo y dedicación se puede lograr muchas metas trazadas, por haberme inculcado buenos principios y valores para ser una persona de bien.

A mi esposa Diana y mis queridos Hijos Adriadna Belén y Carlos Fabricio, gracias por darme tanta motivación y por soportar los momentos que tuvimos que estar separados para poder realizar este trabajo y poder culminar con mi meta. Esperando que esto sirva como un ejemplo de lucha y sacrificio para su vida.

A todos mis Hermanos, gracias por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especialmente a Dios por tantas bendiciones que me ha dado día a día y haber permitido cosechar finalmente frutos de todo el sacrificio y esfuerzo.

A mi hijos, esposa, padres y hermanos por su apoyo y cariño incondicional que han inspirado en mí el deseo de superación.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias a los profesores y compañeros, por el apoyo, las enseñanzas y conocimientos que me han ayudado a la culminación de mi carrera universitaria.

Agradezco a mis asesores el M.Sc. Ing. Jimmy Frank Oblitas Cruz y la MBA Ing. Mary Diana Herrera Chilón, que con su valiosa experiencia y conocimientos han sabido guiarme a lo largo de la realización de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Justificación del estudio.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
1.5 Hipótesis y variables de estudio.....	4
CAPÍTULO II.....	5
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	5
2.1 Antecedentes de la investigación.....	5
2.2 Marco teórico.....	9
2.2.1 Deshidratación.....	9
2.2.2 Agente osmótico.....	10
2.2.3 Temperatura	11
2.2.4 Aloe Barbadensis Miller	11
2.2.5 Brix	13
2.2.6 Color.....	13

2.2.7	Textura	14
2.3	Definición de términos	14
CAPÍTULO III.....		16
MATERIALES Y MÉTODOS		16
3.1	Ubicación geográfica	16
3.2	Materiales.....	16
3.2.1	Insumos.....	16
3.2.2	Materiales y equipos de laboratorio	17
3.3	Metodología.....	17
3.3.1	Factores en estudio	17
3.3.2	Variables.....	18
3.3.3	Diseño de investigación	18
3.3.4	Modelo estadístico.....	19
3.3.5	Proceso de deshidratación del aloe vera en miel de abeja y sacarosa	20
CAPÍTULO IV.....		26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		26
4.1	Evaluación del efecto de la temperatura en los parámetros fisicoquímicos.....	26
4.2	Evaluación del efecto del tipo de agente osmótico en los parámetros fisicoquímicos	36
CAPITULO V.....		49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		49
5.1	Conclusiones.....	49
5.2	Recomendaciones.....	50
CAPÍTULO VI.....		51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		51
CAPITULO VII.....		59
ANEXOS.....		59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Combinaciones y tratamientos	20
Tabla 2 Análisis de varianza para la variable textura con relación a la temperatura	26
Tabla 3 Análisis de varianza para la variable grados Brix con relación a la temperatura	28
Tabla 4 Análisis de varianza para la variable luminosidad (L*) con respecto a la temperatura.	30
Tabla 5 Análisis de varianza para la variable cromaticidad de verde a rojo (a*)	32
Tabla 6 Análisis de varianza para la variable cromaticidad de verde a rojo (b*)	34
Tabla 7 Análisis de varianza para la variable textura con respecto al tipo de agente osmótico.....	37
Tabla 8 Análisis de varianza para la variable grados brix con relación al tipo de agente osmótico	39
Tabla 9 Prueba de comparaciones múltiples tukey para el factor tipo de agente osmótico para la variable grados brix, confianza de 95%	40
Tabla 10 Análisis de varianza para la variable luminosidad con relación al tipo de agente osmótico.....	42
Tabla 11 Análisis de varianza para la variable cromaticidad rojo/verde (a*) según el agente osmótico.....	44
Tabla 12 Análisis de varianza para la variable cromaticidad azul/amarillo (b*) según el agente osmótico.....	46
Tabla 13 Prueba de comparaciones múltiples tukey para el factor tipo de agente osmótico para la variable b*, confianza de 95%	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación	16
Figura 2. Diseño de investigación	19
Figura 3. Flujograma de proceso de obtención de la pulpa de Aloe vera	21
Figura 4. Flujograma de proceso de preparación de la solución de miel de abeja y sacarosa.	22
Figura 5. Flujograma del proceso de deshidratación del aloe vera en miel de abeja y sacarosa.....	24
Figura 6. Efectos principales de la temperatura para textura.....	27
Figura 7. Efecto principal de la temperatura para los grados brix	28
Figura 8. Efectos principales de la temperatura para la luminosidad L*.....	31
Figura 9. Efectos principales de la temperatura para la coordenada de cromaticidad verde/rojo a*	32
Figura 10. Efectos principales de la temperatura para la cromaticidad azul/amarillo b*.....	35
Figura 11. Efecto principal del tipo de agente osmótico para la textura	37
Figura 12. Efecto principal del tipo de agente osmótico para grados brix	39
Figura 13. Efecto principal del tipo de agente osmótico para luminosidad (L*)	43
Figura 14. Efecto principal del tipo de agente osmótico para la coordenada de la cromaticidad rojo/verde.....	45
Figura 15. Efecto principal del tipo de agente osmótico para la cromaticidad azul/amarillo .	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Datos experimentales	59
Anexo 2 Panel de fotográfico	60

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la temperatura y tipo de agente osmótico en los parámetros fisicoquímicos (grados brix, color y dureza) del *Aloe barbadensis* Miller (Aloe vera) osmodeshidratado. Se trabajó con aloe vera producido en la ciudad de Cajamarca, el cual fue inmerso en agua durante 24 horas para eliminar la aloína, posteriormente se le retiró la cáscara y el gel obtenido fue cortado en cubos de 10mm de arista (18 muestras para ser sometidos a tratamiento más 1 muestra patrón). Las muestras del gel (cubos de 10mm de arista) fueron sometidas a osmodeshidratación por inmersión en dos tipos de agentes osmóticos (sacarosa y miel de abeja), a una concentración de 60 °Brix y a temperaturas de 30, 40 y 50 °C (6 tratamientos) por un lapso de 12 horas y al cabo de este tiempo se evaluaron los parámetros de °Brix, color y dureza. Los resultados mostraron que, el agente osmótico miel de abeja tuvo efectos significativos ($p < 0.05$) sobre los grados brix (aumentó su valor de 1.7 a 80.85) y la coordenada de la cromaticidad azul/amarillo (b^*) (aumentó su valor de 5.84 a 19.82), mientras que la temperatura no tuvo efectos significativos ($p > 0.05$) en los parámetros fisicoquímicos evaluados. Los parámetros fisicoquímicos de °Brix y color (L^* , a^* , b^*) mostraron un aumento durante el proceso de osmodeshidratación con respecto a las muestras control, mientras que la dureza mostró una disminución.

Palabras Clave: Aloe vera, agente osmótico, deshidratación osmótica, parámetros fisicoquímicos.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of temperature and type of osmotic agent on the physicochemical parameters (Brix degrees, color and hardness) of osmodehydrated *Aloe barbadensis* Miller (*Aloe vera*). *Aloe vera* produced in the city of Cajamarca was used, which was immersed in water for 24 hours to eliminate the aloin, then the peel was removed and the gel obtained was cut into 10mm cubes (18 samples to be subjected to treatment plus 1 standard sample). The gel samples (10mm cubes) were subjected to osmodehydration by immersion in two types of osmotic agents (sucrose and honey), at a concentration of 60 °Brix and at temperatures of 30, 40 and 50 °C (6 treatments) for a period of 12 hours and after this time the parameters of °Brix, color and hardness were evaluated. The results showed that the osmotic agent honey had significant effects ($p < 0.05$) on the brix degrees (increased its value from 1.7 to 80.85) and the blue/yellow chromaticity coordinate (b^*) (increased its value from 5.84 to 19.82), while the temperature had no significant effects ($p > 0.05$) on the physicochemical parameters evaluated. The physicochemical parameters of °Brix and color (L^* , a^* , b^*) showed an increase during the osmodehydration process with respect to the control samples, while the hardness showed a decrease.

Keywords: *Aloe vera*, osmotic agent, osmotic dehydration, physicochemical parameters.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El *Aloe barbadensis* Miller (aloe vera) es una planta tropical con propiedades medicinales sobre todo en sus alongadas y carnosas hojas que en su interior contienen lo que se denomina gel de Aloe Vera, que contiene entre 98.5 y 99.5% de agua, que previamente filtrado tiene un pH entre 4-5 y aproximadamente el 80% de los sólidos del gel son compuestos solubles en agua (Rodríguez, Darías y Díaz, 2010).

En la búsqueda del consumo de alimentos que posean un impacto positivo sobre la salud del consumidor, cobra gran realce el gel del Aloe Vera, dado que tiene diversos compuestos bioactivos y un notable reconocimiento mundial, dada sus propiedades curativas y terapéuticas (Nicolau et al., 2021). El gel puede ser empleado como materia prima en la producción de alimentos de índole nutracéutico, permitiendo contrarrestar problemas gastrointestinales, deficiencias del sistema inmunológico, artritis, problemas de úlceras e incluso inhibe el crecimiento de tumores cancerígenos (Khan, 2023).

La deshidratación osmótica que es un proceso de eliminación de agua basado en el gradiente de agua y actividad de solubilidad a través de la membrana semipermeable de una célula, es considerado un tratamiento para reducir el contenido de agua con mejora simultánea de la calidad, pues a temperaturas relativamente bajas (hasta 50°C) mejora el color del producto y la retención del sabor (Sharma et al., 2003).

En la presente investigación, se evaluaron los parámetros de pH, °Brix y color del aloe vera, luego de ser sometido a deshidratación osmótica en dos soluciones osmóticas distintas (sacarosa y miel de abeja) y a distintas temperaturas (30, 40 y 50°C), para lo cual se empleó aloe vera cultivado de manera casera en la ciudad de Cajamarca, sacarosa comercial de la marca Paramonga y miel de abeja obtenido en un apiario ubicado en el caserío de Progreso, distrito de Tumbaden, provincia de San Pablo; el laboratorio y equipos fueron facilitados por la EAP de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.1 Descripción del problema.

A pesar de los múltiples beneficios del Aloe vera, su gel es altamente perecedero, conllevando a un tiempo corto de vida útil. Sin embargo, mediante el uso de las tecnologías apropiadas se logra incrementar la estabilidad de almacenamiento, permitiendo conservar las propiedades funcionales de esta planta. En base a ello, la deshidratación es un método común que favorece la conservación del producto, dado que, a través del secado, se logra eliminar líquido para conseguir un producto seco con óptimos criterios de calidad (Artunduaga et al., 2021). Por consiguiente, mediante la deshidratación se obtienen productos como snacks o confitados de penca sábila; así como también, se emplea el gel deshidratado como ingrediente para fabricar productos como bebidas o para la conservación de otras frutas.

Esta técnica de conservación presenta algunas características distintivas como la consideración de diferentes grados de temperatura o el tipo de agente osmótico a emplear, siendo así que, estas características pueden favorecer el mejoramiento de la calidad y del valor nutritivo de los productos deshidratados. No obstante, en la región Cajamarca donde se llevó a cabo la investigación, se evidenció que la mayoría de los agricultores y consumidores desconocen los beneficios de este producto y de la utilización tecnologías que pueden realizar para la conservación de sus características bioactivas, por lo que, la siembra y la industrialización es poco frecuente en esta zona.

1.2 Formulación del problema

¿La temperatura y el tipo de agente osmótico tienen efecto sobre los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller*?

1.3 Justificación del estudio

La deshidratación osmótica depende de variables como la concentración del soluto, temperatura, tiempo de inmersión, razón solución osmótica: alimento, entre otros, por lo que este trabajo permite conocer el efecto de diferentes temperaturas de miel de abeja en contraste con diferentes temperaturas de sacarosa, sobre algunas propiedades físico químicas y organolépticas (Brix, color y textura) del Aloe vera, de esta manera se pudo tener resultados comparativos de los efectos de un soluto natural y un soluto industrial.

Por otro lado, esta investigación se realizó debido a que, en la actualidad es una necesidad fundamental del ser humano encontrar una alimentación saludable, nutritiva y agradable, lo cual nos conlleva a buscar nuevos métodos de conservación y presentación mediante el desarrollo de productos con mejores características fisicoquímicas y organolépticas, de tal manera que tenga mayor aceptabilidad por los consumidores y además dar nuevos usos por las empresas de la industria alimentaria, dando solución a la poca aceptabilidad que tiene gel de aloe vera por las características intrínsecas que posee.

En tal sentido, debido a que el aloe vera posee propiedades beneficiosas para la salud, se busca aplicar una alternativa de conservación mediante la deshidratación osmótica, sin someterlo a altas temperaturas como las aplicadas en otros métodos de deshidratación, para mantener así sus propiedades de interés. Para ello, se realizó una deshidratación osmótica utilizando sacarosa y miel de abeja, ambos medios a temperaturas de 30, 40 y 50°C, a fin de desarrollar nuevas opciones que permitan obtener mejores características organolépticas y fisicoquímicas sin alterar sus propiedades.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

- Evaluar el efecto de la temperatura y tipo de agente osmótico en los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller* osmodeshidratado.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la temperatura en los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller* osmodeshidratado.
- Evaluar el efecto del tipo de agente osmótico en los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller* osmodeshidratado.

1.5 Hipótesis y variables de estudio

La temperatura y tipo de agente osmótico tienen efecto sobre los parámetros fisicoquímicos del *Aloe barbadensis Miller* osmodeshidratado.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

Mahendra y Thakre, (2023) investigaron el proceso de deshidratación osmótica del gel de Aloe vera en la India, recurriendo a un estudio cuantitativo de diseño experimental. La ejecución del estudio inició cortando la pulpa de la sábila en cubos de 10 x 10 x 10 mm \pm 1. Luego, se sometió a deshidratación osmótica empleando jarabe de azúcar. Mediante los resultados encontraron que las condiciones óptimas para someter el gel de Aloe vera a un proceso de deshidratación osmótica consistían en una temperatura de 31°C; concentración de 25 °Brix y duración de ósmosis de 129 minutos. Además, se predijo que la pérdida de agua sería del 39.69% y la ganancia de sólidos sería del 4.45%. En base a ello, se determinó la influencia de la temperatura, °Brix y duración de la ósmosis en la pérdida de agua y la ganancia de sólidos.

Alcantar (2021) en su artículo “Deshidratación Osmótica (od) del cristal de sábila (aloe vera), mediante la utilización de solutos de origen natural”; consideró como objetivo principal de la investigación la deshidratación osmótica del cristal de Aloe vera mediante la utilización de solutos de origen natural (glucosa, sacarosa, fructosa y miel de abejas) con el fin de obtener un snack para el consumo humano. Así mismo, uno de sus objetivos específicos fue: desarrollar ensayos piloto para identificar las condiciones óptimas de deshidratación osmótica de cada uno de los solutos, y encontró que la mayor pérdida de agua del cristal de sábila ocurrió dentro de los primeros 90 minutos del proceso y que el snack de mayor aceptación organoléptica correspondió al obtenido con el tratamiento de miel de abejas.

Altamar et al. (2017) en su investigación “Elaboración de golosinas de sábila por el método de deshidratación osmótica directa”, realizó un diseño experimental de 6 tratamientos para estudiar la concentración de sólidos solubles del jarabe identificados en peso y tiempo de acción, en este estudio utilizó como soluto sacarosa, además de colorantes y saborizantes de origen natural, aplicando una concentración de 55 y 75°Brix por 1, 2 y 3 días. Se concluyó

que, la pérdida de peso está directamente influenciada por la concentración de jarabe y el tiempo de inmersión y que el tratamiento con mayor pérdida de peso y mayor ganancia de sólidos solubles fue el tratamiento a 75°Brix por 3 días de inmersión.

Según Antury et al. (2021) en su investigación “Conservación de las propiedades nutraceuticas del aloe vera (aloe barbadensis miller), mediante técnicas de secado”, nos dice que se realizó el análisis de las aplicaciones y técnicas de secado para la obtención de polvo de aloe vera, usado en la elaboración de productos alimentarios, farmacéuticos y cosméticos. Para lo anterior, se tuvo en cuenta las técnicas existentes y aquellas que permiten la mayor conservación de sus propiedades nutraceuticas y funcionales para la elaboración de estos productos, garantizando inocuidad y seguridad para el consumidor. Se realizó una descripción respecto al funcionamiento y algunas pautas de los equipos, seleccionando el método de deshidratación más adecuado para producir un producto de alta calidad. Se determinó, que las técnicas que permite la mayor conservación de las propiedades del aloe vera fueron: secado por aspersion, liofilización y ventana refractante, debido a las bajas temperaturas usadas, la cual evita la degradación de sus componentes (dada a la alta sensibilidad del gel a temperaturas superiores a 50°C).

Según Hinostroza (2011) en su investigación “Estimación de la cinética de transferencia de materia en la osmodeshidratación de la oca (oxalis tuberosa) por concentración de sacarosa”, tuvo como objetivos, evaluar la influencia de la concentración de la solución, y cómo éstas influyen en la determinación del peso perdido en agua y humedad, el incremento de sólidos solubles, y el coeficiente de difusividad durante la deshidratación por ósmosis, para también evaluar las variaciones en las características fisicoquímicas y químicas y se concluyó que una de las variables que generaron cambios significativos en el porcentaje de ganancia de sólidos y que el mejor producto que se obtuvo fue el trabajado a una temperatura constante de 30°C, presión de 520 mmHg, una concentración de 55°Brix.

Chavez (2013) en su tesis “Influencia del tiempo de escaldado y concentración de jarabe en la elaboración de enconfitado de sábila” tuvo como objetivo determinar la influencia del tiempo de escaldado y la concentración de jarabe en la elaboración de enconfitado de sábila, donde

realizaron pruebas fisicoquímicas a la sábila sin tratamiento (pH 4.56; acidez 1,33; Brix 1,2) y se sometió la sábila a concentraciones de 55, 65 y 75°Brix de sacarosa, por un tiempo de deshidratado de 15 horas y tiempos de escaldado de 1, 3 y 5 minutos. Se concluyó que el tiempo de escaldado y la concentración de jarabe tuvieron un efecto significativo en el pH, °Brix y que el mejor confitado obtenido fue con un pH 4.4, sólidos solubles de 66.6% y con apariencia que cumple con la ficha técnica para elaboración de fruta confitada y el tratamiento de esta muestra fue a 75°Brix y 1 minuto de escaldado, por lo que se puede inferir que a mayor tiempo de escaldado menos influencia en los parámetros del aloe vera confitado. Además, comenta que, al obtener frutas confitadas se espera que el color debe ser semejante al de la fruta sin tratamiento, sin embargo, en el caso del aloe vera recordemos que es incoloro, por lo que es importante evaluar, qué cambios se generan en el color por efecto de los medios osmóticos y la temperatura.

Según Marilú et al. (2018) en su investigación “Deshidratación osmótica de mamey (*mammea americana* L.) y su efecto en las características fisicoquímicas y organolépticas”, sometió al mamey a osmodeshidratación, y posteriormente a un secado por convección. El proceso de deshidratación osmótica se realizó con láminas de 3, 2 y 0,5 cm de largo, ancho y espesor, de mamey, con un grado de madurez 5,08 y se utilizaron 5 concentraciones osmóticas (sacarosa): 45, 50, 55, 60 y 65°Bx, en relación jarabe fruta de 2:1 a temperatura ambiente. Posteriormente las rebanadas se secaron en una segunda etapa en un secador de aire caliente a temperaturas de 40, 45 y 50°C, con velocidad de 3,5 m/s y una HR 62%; los tratamientos se compararon con una muestra testigo (sin pretratamiento osmótico) y se concluyó que, los parámetros que conservaron mejor las características fisicoquímicas y organolépticas fueron las muestras sometidas a una concentración de 65% de sacarosa y a una temperatura de 40°C; de esta investigación concluimos que a menor temperatura mayor conservación de las propiedades del producto, sin embargo, se obtiene mejor resultado a mayor concentración de soluto.

Según Cardona (2016) en su Monografía “Desarrollo de una bebida completamente natural y nutritiva utilizando como materia prima aloe vera variedad *barbadensis miller* cultivada bajo

los principios de producción limpia en el municipio de Santa Rosa de Cabal en Risaralda Colombia”, nos dice que, la salud ha tomado importancia en nuestro contexto, es por eso que hoy en día nos preocupamos más de cómo prevenir las enfermedades que puedan afectar nuestra bienestar y el de nuestra familia; tratando de buscar respuestas nos dimos cuenta que los hábitos alimenticios saludables nos ayudan a evitar muchas enfermedades que podrían influir en nuestra calidad de vida. Con la evaluación de la vida útil, se busca garantizar que el producto tenga la duración adecuada y bajo las condiciones a las cuales este expuesto, sin incurrir en riesgos para la salud del consumidor.

Aguaisa (2007) en el estudio sobre “Elaboración de enconfitado de sábila por el método deshidratación osmótica directa”, tuvo como objetivo de brindar una alternativa de industrialización de la sábila en el campo alimenticio, para lo cual, realizó 12 tratamientos con 3 repeticiones de las variables tiempo, concentración de sólidos solubles del jarabe y tamaño de trozos de sábila y determinó que el tiempo de deshidratación osmótica, los sólidos solubles del jarabe, y el tamaño de los trozos de sábila adecuados fueron: 17 horas 75° Brix, 2.5cm x2. 5cm x 1cm, 20 horas 75° Brix 2.5cm x 2.5cm x 1cm y 17 horas 65° Brix, 2.5cm x2. 5cm x 1cm. Se concluyó que, el tamaño de los trozos es inversamente proporcional a la deshidratación osmótica, por lo que en esta investigación se usarán trozos de gel de aloe con 10mm de arista, también se concluyó que la diferencia de concentraciones de jarabe no incide en las características organolépticas del producto, ya que se evaluó organolépticamente a los 3 tratamientos no encontrándose cambios y en cuanto al pH se concluyó que existe una variación significativa en los °Brix del producto final debido principalmente a que el jarabe incide de manera diferente en cada trozo.

Andrade et al. (2019) estudiaron el efecto de la miel de abeja en las características fisicoquímicas de la conservación del aloe vera y mango en Ecuador, optando por un diseño experimental. En base a ello, procedieron a cortar la sábila en cubos de 3cm, los cuales fueron expuestos a un proceso de escaldado a 80°C de temperatura durante 5 minutos. Posteriormente, se realizó el envasado de sábila y mango en envases de 500g. Tal es así que, determinaron que la concentración del almíbar afectó significativamente sobre el pH,

°Brix, densidad y acidez. Además, el tratamiento compuesto por 14°Brix+25% de sábila+75% de mango, evidenció mejores características fisicoquímicas.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Deshidratación

Es un método que se emplea comúnmente en el sector agrícola y farmacéutico para la conservación del producto. La deshidratación consiste en eliminar el líquido del insumo para obtener un producto seco de acuerdo a los criterios de calidad establecidos (Artunduaga et al., 2021). De esta manera, se procura eliminar una gran cantidad de agua del producto con la finalidad de reducir la actividad bioquímica interna y la acción de microorganismos para prolongar la vida útil del producto; así como también, para reducir los costos relacionados al transporte, empaque y almacenamiento (Ore y Aguirre, 2020).

El proceso de deshidratación se puede realizar mediante el secado con aire forzado, liofilización, secado a través de microondas y secado solar. No obstante, estos métodos poseen ciertas dificultades, como por ejemplo, en el secado con aire forzado y en microondas, se produce una pérdida de nutrientes, dado que los alimentos son expuestos a altas temperaturas; el secado por liofilización tiene un costo elevado y cuando se aplica en alimentos crudos suele haber cambios en el sabor y la apariencia; finalmente, para el secado solar se requiere que los alimentos se expongan de manera extensa a un ambiente no controlado, lo cual implica una exposición a una alta contaminación microbiana (Cañazaca et al., 2022).

Deshidratación osmótica. Es una técnica en la cual los tejidos vegetales se sumergen en una solución hipertónica de acuerdo a una temperatura y tiempos establecidos, de esa manera, se alteran de forma controlada las características microestructurales del producto (Huerta et al., 2024). En otras palabras, esta técnica se realiza a través del contacto del alimento con una solución acuosa que presenta una concentración en azúcares, alcoholes o sales, originando la eliminación de agua y de las sustancias que posee el alimento a medida que los solutos de la solución se incorporan al alimento (Soteras, 2019).

La deshidratación osmótica disminuye los efectos adversos de otras técnicas y proporciona una mejora en el color, sabor y textura del producto, conllevando a la minimización de costos de producción y maximizando la eficiencia energética. La deshidratación osmótica presenta tres flujos. En primer lugar, se produce la transferencia de agua del producto hacia la solución hipertónica. En segundo lugar, migra el soluto osmótico al interior del producto. Y, en tercer lugar, se observa la lixiviación de componentes celulares del tejido vegetal a la solución hipertónica (Huerta et al., 2024).

Factores que inciden en el proceso osmótico

Temperatura: el aumento de temperatura durante la deshidratación osmótica tiende a promover la transferencia de masa al reducir la viscosidad del ambiente osmótico e incrementar la permeabilidad de las membranas. No obstante, si la temperatura supera la sensibilidad del producto, es posible que este pierda sabor y aroma, así como también, puede haber un ablandamiento excesivo y oscurecimiento enzimático (Huerta et al., 2024).

Solución hipertónica: está compuesta por solutos de alto peso molecular como la sacarosa en una concentración de nivel alto, conllevando a la optimización de la pérdida de agua que posee el producto. Sin embargo, cuando se consideran solutos como glucosa, sorbitol, fructosa, entre otros, de bajo peso molecular y en una baja concentración, se produce una ganancia de sólidos por encima de la pérdida de agua (Huerta et al., 2024).

Características del producto: el estado de madurez, la variedad y la especie definen la estructura celular de los materiales biológicos con diferentes propiedades fisicoquímicas como la interconectividad celular, la orientación de fibras o el tamaño de espacios intercelulares, los cuales pueden hacer que el flujo de masa durante la deshidratación osmótica tenga un nivel de dificultad o sea factible (Huerta et al., 2024).

2.2.2 Agente osmótico.

Miel de abeja. La miel de abeja está conformada por diversos hidratos de carbono como fructosa, glucosa, sacarosa y maltosa, con una composición de 35-40 g, 30-35 g, 5-10 g y 7,3 g por cada 100 gramos, respectivamente. Además, su valor energético entre 294 y 320 Kcal

por cada 100 gramos de miel está compuesto mayormente por fructosa y glucosa (70%). La miel es un alimento con una actividad acuosa favorable para ser estable, así como también, presenta un bajo pH y posee sustancias antimicrobianas. De esta manera, la miel brinda un buen aporte energético y nutritivo, dada su composición de vitaminas, azúcares y minerales, siendo un excelente complemento alimenticio (García et al., 2022).

Sacarosa. Es un azúcar mixto conformado por una molécula de fructosa y una de glucosa, la cual es degradada para constituir (-) D-fructosa y (+) O-glucosa al ser calentada en un ambiente ácido, correspondiente a una combinación denominada azúcar invertido. La sacarosa se origina de la caña de azúcar o remolacha azucarera y es considerada como el mayor agente osmótico (Ventura, 2023). Además, este azúcar presenta un alto peso molecular en una concentración elevada, optimizando la pérdida de agua del alimento en la parte inicial del proceso (Huerta et al., 2024).

2.2.3 Temperatura

Las temperaturas más empleadas para el tratamiento con ósmosis en frutas se ubican en el intervalo de 20 y 60 °C. Dichas condiciones son importantes para aumentar la velocidad de transferencia de masa, lo cual permite alcanzar elevados gastos de humedad, dado que durante las dos horas iniciales es donde se produce la mayor transferencia de agua y posterior a ello, ya no es significativo. Respecto a la transferencia de solutos, esta se incrementa de manera regular, conllevando al aumento de la cantidad de masa o soluto en el producto (Ventura, 2023).

2.2.4 *Aloe barbadensis* Miller.

También llamado aloe vera (nombre común), es una planta suculenta que pertenece a la familia Aloaceae, empleada desde hace 2000 años, dado que presenta reconocidas propiedades terapéuticas y curativas y es utilizada en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria. De acuerdo a su composición, cerca del 98.5-99.5% de la planta es equivalente a agua, lo que resta, está compuesto principalmente por polisacáridos. Además, contiene nutrientes, aminoácidos, vitaminas, azúcares, antraquinonas, saponinas y ácido salicílico. Por

otra parte, el continente americano registra la mayor cantidad de hectáreas cultivadas de Aloe vera de manera anual. Asimismo, como principales exportadores se considera a Tailandia, México y República Dominicana, con 35%, 30%, y 18%, respectivamente (Artunduaga et al., 2021).

Respecto a la anatomía de la planta, el Aloe vera presenta hojas triangulares, carnosas y con bordes dentados, así como también, flores tubulares de color amarillo. Cada hoja está conformada por tres capas. En primer lugar, se encuentra el gel incoloro que posee casi la totalidad de agua (99%) y lo demás está compuesto por lípidos, aminoácidos y vitaminas. En segundo lugar, se encuentra la capa de látex, caracterizado por una savia de color amarillo amargo y que posee antraquinonas y glucósidos. En tercer lugar, se tiene a la capa gruesa externa denominada corteza que mantiene una función protectora (Kamil, 2023).

A pesar de las diversas características favorables del Aloe vera, es importante señalar que está expuesta a diferentes factores ambientales que estimulan la rápida oxidación, descomposición, y, por ende, que pierda sus actividades biológicas a medida que el gel se expone a ellos, conllevando al crecimiento de bacterias, puesto que es altamente perecedero. Al respecto, actualmente se han desarrollado técnicas apropiadas que permiten aumentar la vida útil del alimento conservando sus propiedades funcionales, una de estas técnicas es la deshidratación osmótica (Artunduaga et al., 2021).

Composición química del aloe vera.

La planta de Aloe vera contiene una amplia mezcla de compuestos y más de 20 de estos compuestos son beneficiosos para la salud (Jia y Col., 2008).

Dentro de los principales componentes del aloe vera tenemos:

- Antraquinonas (ácido oloético, antranol, aloína, antraceno, resistanol, etc.).
- Vitaminas (ácido fólico, betacaroteno, vitaminas B1, B2, B3, B6 y E), etc.
- Minerales (calcio, magnesio, potasio, zinc, hierro, etc.).
- Carbohidratos (celulosa, glucosa, manosa, fructuosa, etc.
- Enzimas (amilasa, lipasa, carboxipeptidasa, oxidasa, etc.).

- Lípidos y compuesto orgánicos (esteroides, ácido salicílico, sorbato de potasio, lignina, etc.).
- Aminoácidos (alanina, arginina, glicina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, etc.).

Domínguez-Fernández (2012).

Gel del aloe vera.

También llamado pulpa, viene a ser una masa gelatinosa e incolora formada por células parenquimáticas. Los componentes principales del gel del aloe vera es el agua, mucílagos y otros carbohidratos, ácidos y sales orgánicas, enzimas, saponinas, taninos, aminoácidos, vitaminas, diversos minerales, entre otros componentes (Reynolds, 2004).

2.2.5 Grados Brix.

Los grados Brix ($^{\circ}\text{Brix}$) corresponden a la concentración de azúcares, equivalente al porcentaje de sacarosa y determinan la cantidad de sólidos solubles disueltos en un líquido. Esta medición se realiza mediante un instrumento denominado refractómetro, el cual ayuda a medir soluciones con elevados contenidos de azúcar. De esta manera, si se tiene una solución de 25°Bx , quiere decir que existe 25 g de sacarosa por 100 g de líquido (Cardona et al., 2022).

2.2.6 Color

El color representa la impresión visual de lo que existe alrededor, entre ellos, los alimentos. Tal es así que, se puede observar la intensidad de color, el brillo u oscurecimiento de un determinado alimento (Gallardo, 2024).

Uno de los métodos para determinar el color de un determinado producto es el espacio CIELAB (CIE $L^*a^*b^*$), que es un método basado en colores útiles y aceptados que describen una teoría de colores opuestos. Los colores se describen y se localizan en el espacio mediante las coordenadas que se calculan a partir de los valores triestímulo, donde L^* representa la diferencia entre la luz ($L^* = 100$) y la oscuridad ($L^* = 0$), a^* representa la diferencia entre verde ($-a^*$) y rojo ($+a^*$) y b^* representa la diferencia entre azul ($-b^*$) y amarillo ($+b^*$) (Sahin y Gülüm, 2006).

2.2.7 Textura

La textura de los alimentos es una propiedad organoléptica que se obtiene de la combinación entre sí de diferentes componentes químicos y elementos estructurales, que dan lugar a micro y macroestructuras, las cuales son definidas por sistemas fisicoquímicos. En base a ello, se puede detectar la masticabilidad, dureza, firmeza, la gomosidad, entre otras características de los alimentos (Gallardo, 2024).

2.2.8 Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos vienen a ser características físicas y químicas utilizadas para describir el estado y la calidad de una sustancia o producto. Incluyen propiedades como el pH, textura, grados brix entre otros. Estos parámetros son fundamentales para evaluar y controlar procesos en diversas industrias (Hinostroza y Puchoc, 2022).

2.3 Definición de términos.

2.3.1. Agente osmótico.

Se denomina agente osmótico a una sustancia que se utiliza para inducir ósmosis, facilitando el movimiento de agua a través de una membrana semipermeable desde una solución de menor concentración hacia una de mayor concentración (Ventura, 2023).

2.3.2. Aloe vera.

Es una planta tropical con propiedades medicinales sobre todo en sus alongadas y carnosas hojas que en su interior contienen lo que se denomina gel de Aloe Vera, el cual puede ser empleado como materia prima en la producción de alimentos de índole nutracéutico (Khan, 2023).

2.3.3. Color

Cualidad organoléptica de los alimentos que es apreciado por medio del sentido físico de la vista. El color que se percibe de un objeto es el rayo de luz que rechaza, rebotes que son captados con diferentes longitudes de onda gracias a la estructura de los ojos (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

2.3.4. °Brix

Concentración de azúcares, equivalente al porcentaje de sacarosa y determinan la cantidad de sólidos solubles disueltos en un líquido (Cardona et al., 2022).

2.3.5. Deshidratación

Eliminación del líquido del insumo para obtener un producto seco de acuerdo a los criterios de calidad establecidos (Artunduaga et al., 2021).

2.3.6. Deshidratación osmótica

Es una técnica en la cual los tejidos vegetales se sumergen en una solución hipertónica de acuerdo a una temperatura y tiempos establecidos, de esa manera, se altera de forma controlada las características microestructurales del producto (Huerta et al., 2024).

2.3.7. Textura

La textura de los alimentos es una propiedad organoléptica que se obtiene de la combinación entre sí de diferentes componentes químicos y elementos estructurales, que dan lugar a micro y macro estructuras, las cuales son definidas por sistemas fisicoquímicos (Gallardo, 2024).

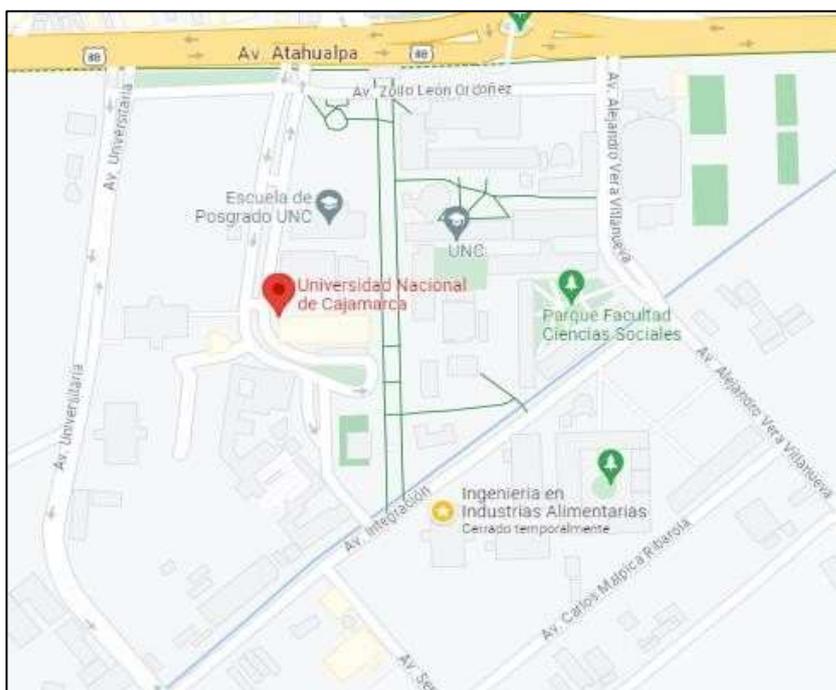
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca ubicada 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. Mapa de ubicación



Nota. Ubicación de las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca donde se llevó a cabo el desarrollo de la parte experimental.

3.2 Materiales.

3.2.1 Insumos.

- *Aloe barbadensis Miller* (gel del aloe vera cortado en cubos de 10mm de arista).
- Miel de abeja.
- Sacarosa.
- Agua de mesa.

- Agua destilada.

3.2.2 *Materiales y equipos de laboratorio.*

- Agitador magnético con calefacción.
- Mesa de acero inoxidable.
- Termómetro.
- Potenciómetro.
- Refractómetro marca ATAGO.
- Colorímetro marca KONICA – MINOLTA.
- Utensilios: tinas, baldes, cuchillos, tablas de picar, coladores.
- Bandejas de acero inoxidable.
- Balanza analítica digital marca PRECISA.
- Impresora.
- Memoria USB.
- Laptop.
- Cámara fotográfica.
- Útiles de escritorio.

3.3 Metodología.

3.3.1 *Factores en estudio.*

Para llevar a cabo la investigación se establecieron los siguientes factores:

Factor A: Agente Osmótico (AO).

- A1: Miel de Abeja.
- A2: Sacarosa.

Factor B: Temperatura (°C).

- B1: 30°C.
- B2: 40°C.
- B3: 50°C.

3.3.2 Variables

Variable independiente:

- Agente osmótico.
 - Miel de abeja.
 - Sacarosa.
- Temperatura.
 - 30°C.
 - 40°C.
 - 50°C.

Variable dependiente:

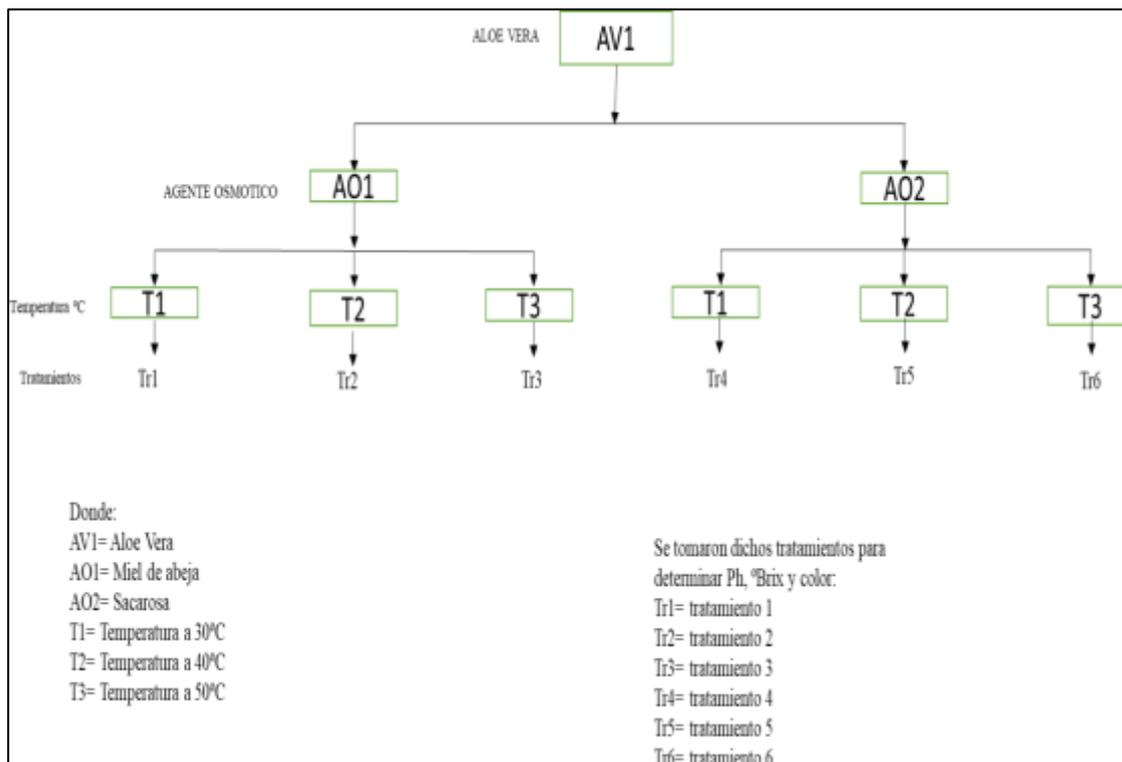
- °Brix del aloe vera.
- Color
- Dureza.

Como parte de la metodología, se contó con una muestra patrón del gel de aloe vera, cuyos parámetros fisicoquímicos (°Brix, color y dureza) también fueron evaluados y los resultados comparados con los de las muestras sometidas a los diferentes tratamientos.

3.3.3 Diseño de investigación

La metodología considerada en esta investigación fue experimental, la cual se expresa en un Diseño Estadístico Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones y una estructura factorial de 2A x 3B. El primer factor A corresponde al Agente Osmótico (Miel de abeja y sacarosa), el factor B corresponde a la Temperatura (T1= 30 °C, T2= 40 °C y T3= 50 °C), con 6 tratamientos.

Figura 2. Diseño de investigación



Nota. Esquema del diseño experimental de la investigación.

3.3.4 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}; i = 1, \dots, a = 6; j = 1, \dots, b = 2; k = 1, \dots, n_{ij} \text{ con } n_{ij} \geq 0$$

Dónde:

- μ = efecto verdadero medio
- α_i = efecto verdadero del i-ésimo nivel del factor A (temperatura)
- β_j = efecto verdadero del j-ésimo nivel del factor B (días)
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto verdadero de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B.
- ϵ_{ijk} = efecto verdadero de la k-ésima unidad experimental sujeta a la ij-ésima combinación de tratamientos.
- Se supone que μ es constante y $\epsilon_{ijk} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2)$.

Tabla 1*Combinaciones y tratamientos*

Tratamientos	Combinación de niveles		Repeticiones		
			n1	n2	n3
Tr1	AO1	T1	-	-	-
Tr2	AO1	T2	-	-	-
Tr3	AO1	T3	-	-	-
Tr4	AO2	T1	-	-	-
Tr5	AO2	T2	-	-	-
Tr6	AO2	T3	-	-	-

3.3.5 Proceso de deshidratación del aloe vera en miel de abeja y sacarosa.

a) Procedimiento de obtención del gel de Aloe vera.

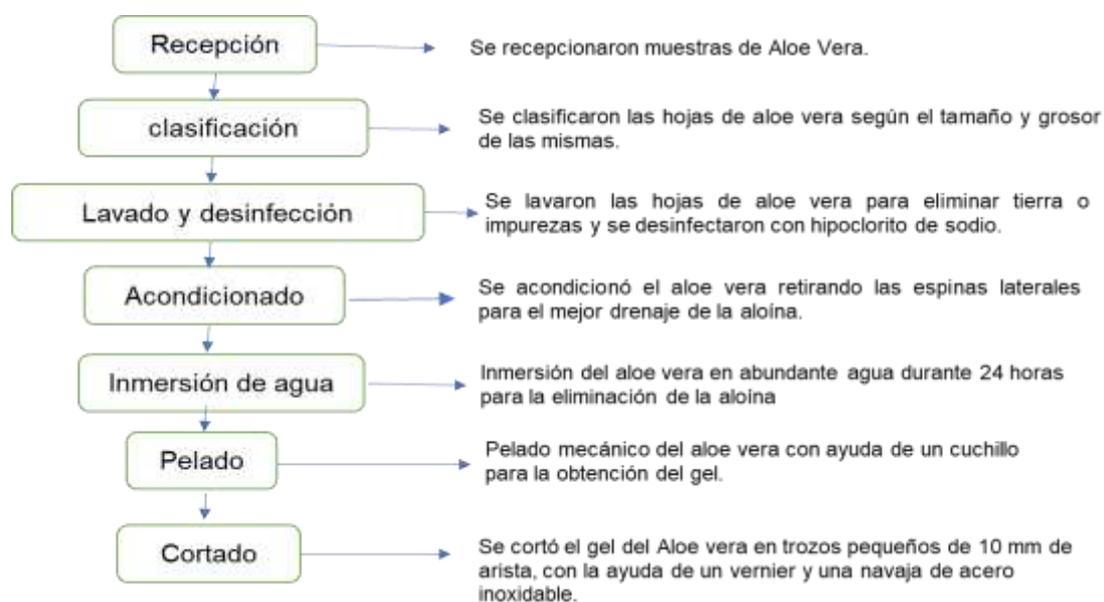
- **Recepción.** Se recibieron las muestras de aloe vera en tinas grandes previamente lavadas y desinfectadas.
- **Clasificación.** Se clasificaron las hojas de aloe vera según el tamaño y grosor de las mismas.
- **Lavado y desinfección.** Se lavaron las hojas de aloe vera para eliminar tierra o alguna impureza que se haya producido durante la cosecha o su traslado y se desinfectaron con hipoclorito de sodio a una concentración de 100 ppm x 5 minutos.
- **Acondicionado.** Se acondicionó el aloe vera retirando las espinas laterales para el mejor drenaje de la aloína.
- **Inmersión en agua.** Se realizó la inmersión del aloe vera en abundante agua durante 24 horas para la eliminación de la aloína.
- **Pelado.** Se realizó el pelado mecánico del aloe vera con ayuda de un cuchillo para la obtención del gel.
- **Cortado:** Se cortó el gel del Aloe vera en trozos pequeños de 10 mm de arista, con

la ayuda de un vernier y una navaja de acero inoxidable.

El procedimiento detallado fue adaptado de Mahendra y Thakre (2023) y de Barrera et al. (2012) quienes para sus investigaciones de deshidratado osmótico de aloe vera trabajaron siguiendo pasos similares de lavado, desinfectado, pelado y cortado del gel del aloe vera en cubos de 8 y 10mm de espesor.

Figura 3.

Flujograma del procedimiento de obtención del gel de Aloe vera



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de Castillo y Villena (2020).

b) Procedimiento de la preparación de las soluciones de miel de abeja y sacarosa.

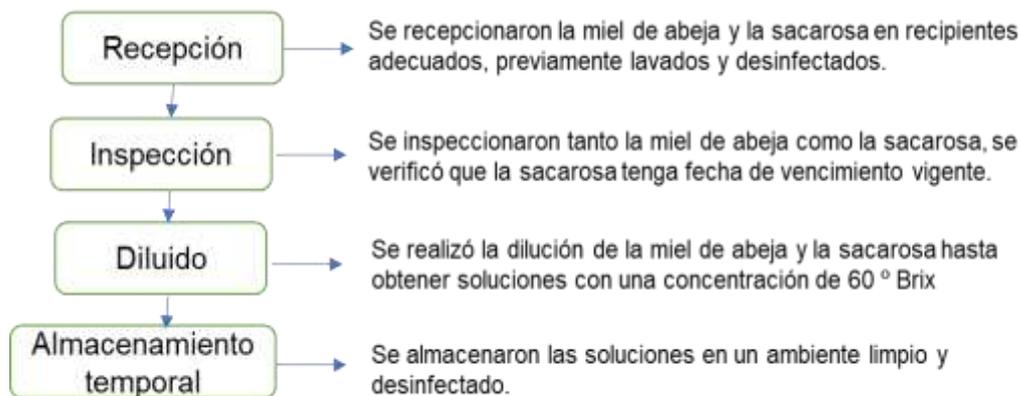
- **Recepción.** Se recibieron la miel de abeja y la sacarosa en recipientes adecuados, previamente lavados y desinfectados.
- **Inspección:** Se inspeccionaron tanto la miel de abeja como la sacarosa, se verificó que la sacarosa tenga fecha de vencimiento vigente.
- **Diluido.** Se realizó la dilución de la miel de abeja y la sacarosa hasta obtener soluciones con una concentración de 60 ° Brix, para lo cual se utilizaron vasos de precipitación y en cada vaso se colocaron por separado 157 g de sacarosa con 100ml de agua de mesa y 288g de miel de abeja con 100 ml de agua de mesa.

- **Almacenamiento temporal.** Se almacenaron las soluciones en un ambiente limpio y desinfectado.

Procedimiento adaptado de Bocanegra y Espinoza (2013), quienes en su tesis “Parámetros de diseño de sistema de osmodeshidratación del yacón a partir de sus parámetros de proceso” trabajaron con 3 soluciones hipertónicas de fructooligosacáridos (50, 60 y 70°Brix), soluciones que fueron preparadas diluyendo el jarabe inicial con agua destilada según balance de masa. También se usó de guía a Alegre y Linares (s.f.) quienes en su 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*), a partir de una solución de miel de abeja de 80.2°Brix hicieron diluciones utilizando agua desionizada en diferentes proporciones, hasta alcanzar soluciones osmóticas de 5 diferentes concentraciones (30, 34, 45, 57 y 60°Brix).

Figura 4.

Flujograma de preparación de las soluciones de miel de abeja y sacarosa



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Bocanegra y Espinoza (2013).

c) Procedimiento de la deshidratación osmótica de los cubos de aloe vera en miel de abeja y sacarosa.

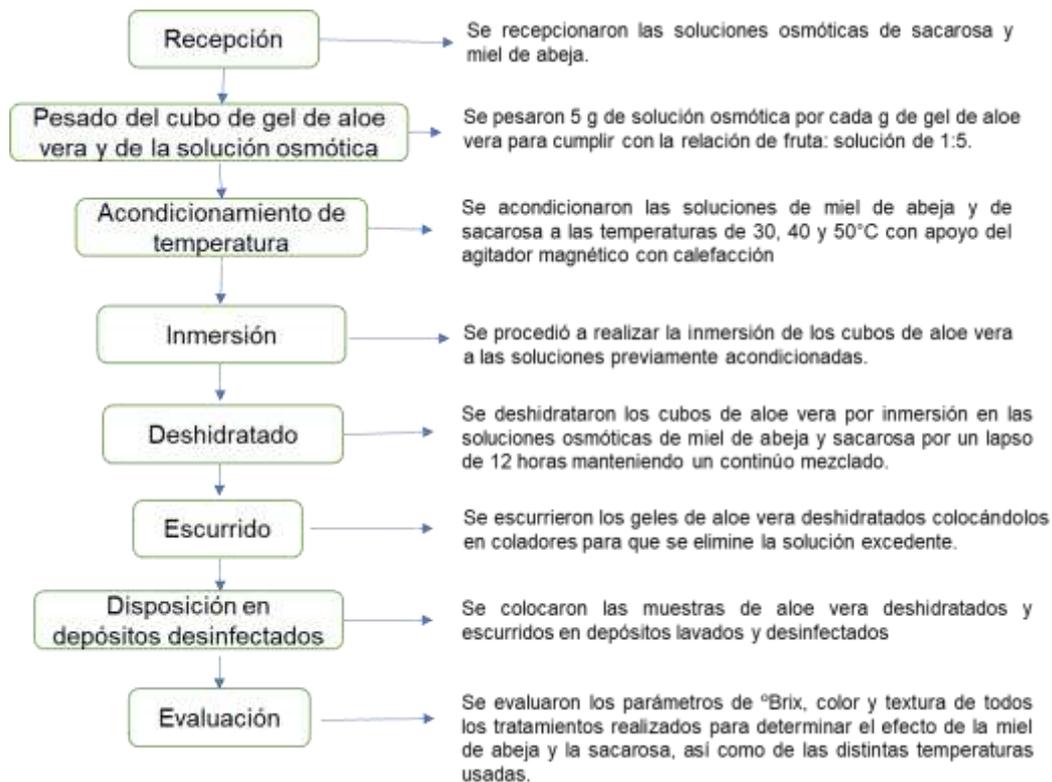
- **Recepción:** Se recibieron las soluciones osmóticas de sacarosa y miel de abeja.
- **Pesado del cubo de gel de aloe vera y de la solución osmótica:** Se pesaron 5 g de solución osmótica por cada g de gel de aloe vera para cumplir con la relación de fruta:solución de 1:5.
- **Acondicionamiento de temperatura:** Se acondicionaron las soluciones de miel de abeja y de sacarosa a las temperaturas de 30, 40 y 50°C con apoyo del agitador magnético con calefacción.
- **Inmersión:** Se procedió a realizar la inmersión de los cubos de aloe vera a las soluciones previamente acondicionadas.
- **Deshidratado:** Se deshidrataron los cubos de aloe vera por inmersión en las soluciones osmóticas de miel de abeja y sacarosa por un lapso de 12 horas manteniendo un continuo mezclado.
- **Ecurrido:** Se escurrieron los geles de aloe vera deshidratados colcándolos en coladores para que se elimine la solución excedente.
- **Disposición en depósitos desinfectados:** Se colocaron las muestras de aloe vera deshidratados y escurridos en depósitos lavados y desinfectados.
- **Evaluación:** Se evaluaron los parámetros de °Brix, color y dureza de todos los tratamientos realizados para determinar el efecto de la miel de abeja y la sacarosa, así como de las distintas temperaturas usadas.

Este procedimiento fue adaptada de Hinostrza y Puchoc (2022) y de Barrera et al. (2021) quienes en sus investigaciones trabajaron realizando un escaldado a 70°C por 5 minutos previo a la inmersión de los geles en las soluciones osmóticas, luego realizaron el deshidratado usando 4 diferentes soluciones osmóticas (glucosa, fructosa, sacarosa y miel de abejas). Las concentraciones de las soluciones osmóticas fueron de 60°Brix y una temperatura constante de 30°C. Las variables independientes fueron las soluciones

osmóticas y el tiempo de deshidratado (0, 20, 40, 60, 90, 120, 150, 180 y 1500 min).

Figura 5.

Flujograma del procedimiento de la deshidratación osmótica de los cubos de aloe vera en miel de abeja y sacarosa.



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Barrera et al. (2021).

d) Procedimiento de medición del color del aloe vera deshidratado osmóticamente.

- Se encendió y programó el colorímetro de la marca KÓNICA – MINOLTA.
- Las muestras de aloe vera deshidratado se colocaron en una base blanca no absorbente.
- Se colocó el instrumento sobre la muestra, asegurando que el lente de medición de la muestra esté centrado con respecto a la muestra y que la dimensión de la muestra sea mayor a la del lente del equipo.
- Finalizada la medición, los resultados fueron mostrados en la pantalla LCD.
- Se tomó lectura y se anotaron los resultados dados por el equipo para los

parámetros L^* , a^* y b^* .

e) Procedimiento de medición de los °Brix del aloe vera deshidratado osmóticamente.

- Se encendió 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 colocó cada muestra en el lente de medición, cerciorándonos que todo el lente quede cubierto.
- Se oprimió la tecla read del refractómetro.
- Se tomó lectura del resultado y tomó nota para cada una de las muestras, limpiando con agua destilada el lente después de cada uso.

f) Procedimiento de la medida de textura (dureza) del aloe vera deshidratado.

- Se encendió el texturómetro Brookfield CT3 y se esperó que la lectura inicial en la pantalla se estabilice.
- Se fijó el accesorio superior al eje de la sonda del texturómetro alineándolo a la platina.
- Se tomaron de manera individual cada una de las muestras de aloe vera deshidratadas y se colocaron en la platina del equipo.
- Se accionó el botón start para que la aguja baje hasta tener contacto con las muestras y el equipo inicie la lectura de la fuerza de ruptura por el método de compresión con el accesorio cilíndrico.
- Se tomó nota de cada uno de los resultados sobre la fuerza ejercida mostrados en la pantalla, la misma que fue expresada en Newton.

Este procedimiento fue definido tomando como referencia a Saldaña (2020) quien en su investigación analizó la textura (dureza) de snacks de olluco utilizando el texturómetro CT3 Texture Analyzer empleando el software TexturePro CT, en cuyo caso también midió la fuerza de ruptura por el método de compresión con el accesorio cilíndrico de 2mm/s y los resultados también fueron expresados en Newton.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las pruebas estadísticas se realizaron por separado para cada una de las variables independientes, primero para la variable temperatura y luego para la variable tipo de agente osmótico, cuyos resultados se presentan a continuación en ese mismo orden.

4.1 Evaluación del efecto de la temperatura en los parámetros fisicoquímicos.

4.1.1. Dureza.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del ANOVA para la variable dureza y se observa que la temperatura no produce efectos significativos en la dureza del aloe vera osmodeshidratado puesto que $p > 0.05$. De la misma manera se observa que la interacción de la temperatura con el efecto de agente osmótico no influye en la textura (dureza); lo cual permite desestimar la hipótesis alternativa y confirmar la ausencia de diferencias significativas entre las medias de la dureza obtenida con cada uno de los tratamientos de temperatura.

Tabla 2

Análisis de varianza para la variable dureza con relación a la temperatura.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura	2	0.001517	0.000758	0.38	0.698
Agente Osmótico*Temperatura	2	0.004850	0.002425	1.22	0.359
Error	6	0.011900	0.001983		
Total	11	0.020967			

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

Gaitán (2005) mencionó que el uso de la osmodeshidratación en el secado de frutas es un método efectivo para conservar las propiedades texturales de los alimentos. Sin embargo, la temperatura es un factor clave que influye en estas propiedades.

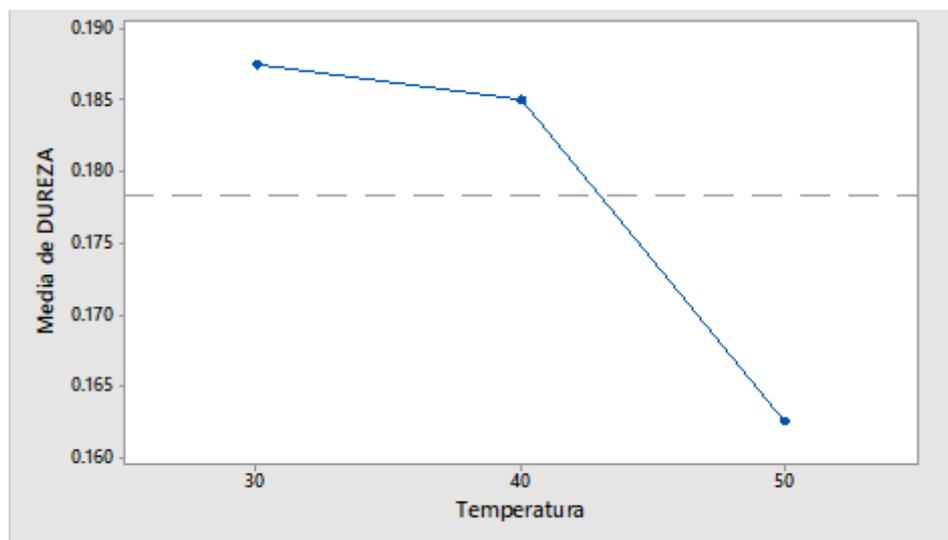
A temperaturas altas, la pérdida de agua es más rápida, lo que puede ocasionar el colapso celular y una textura (dureza) más suave. En cambio, a temperaturas bajas, la deshidratación

es más lenta, permitiendo que las células se reorganicen y se tenga una textura (dureza) más firme. Por lo tanto, la temperatura afecta tanto la velocidad de difusión del agua como la estructura celular, influyendo directamente en la dureza final de las frutas deshidratadas.

Esta investigación ha demostrado que efectivamente una mayor temperatura de tratamiento afecta negativamente a la dureza, tal como se puede observar en la figura 6, donde una menor temperatura (30°C) produce mayor dureza y ésta disminuye a medida que la temperatura aumenta (40 y 50°C). De igual manera Guiné y Barroca (2012) encontraron que la dureza y la masticabilidad se reduce al incrementar la temperatura de secado de 30 °C a 70 °C, mientras que la elasticidad y cohesión se mantiene constante en calabazas secas y pimiento verde, esto último lo atribuyen a la pérdida de agua y ganancia de sólidos lo cual permite que el alimento se vuelva más rígido.

Figura 6.

Efectos principales de la temperatura sobre la textura (medias ajustadas).



La figura 6 muestra los efectos principales del factor temperatura donde se observa que el nivel más bajo (30 °C) produce mejor textura en aloe vera osmodeshidratado, es decir tiene una relación inversa ya que la textura desciende a medida que aumenta la temperatura de deshidratación registrando un mayor descenso entre 40 °C y 50 °C ya que se observa mayor pendiente.

4.1.2. Grados brix.

La tabla 3 evidencia, estadísticamente, que no hay efectos significativos de la temperatura sobre los grados brix del aloe vera osmodeshidratado, puesto que $p > 0.05$, de la misma manera se observa para la interacción de los factores, esto quiere decir que no están relacionados entre sí y no influyen en los grados brix de las muestras cuando actúan conjuntamente, lo cual permite desestimar la hipótesis alternativa y confirmar que no hay diferencias significativas entre los tratamientos de cada temperatura con relación a los valores de grados brix.

Tabla 3

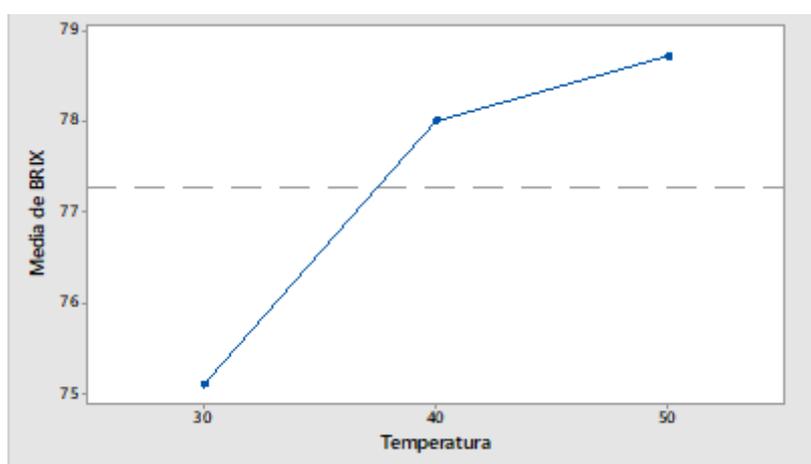
Análisis de varianza para la variable grados Brix con relación a la temperatura.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura	2	44.066	22.033	1.59	0.245
Agente Osmótico*Temperatura	2	8.109	4.054	0.29	0.752
Error	12	166.729	13.894		
Total	17	448.884			

Nota. Obtenido del programa Minitab 18.

Figura 7.

Efectos principales de la temperatura sobre los °Brix (medias ajustadas).



La figura 7 muestra los efectos principales del factor temperatura sobre los °Brix, donde se observa que la temperatura más alta (50 °C) produce mayor °Brix, es decir tiene una relación

directa ya que los °Brix ascienden a medida que aumenta la temperatura de deshidratación, registrando un mayor ascenso entre 30 °C y 40°C ya que se observa mayor pendiente. Sin embargo, el intervalo de variación es mínima lo cual indica que los tratamientos son estadísticamente iguales.

Estos resultados coinciden con los resultados de Gamboa y Silva (2018), quienes lograron la mayor ganancia de sólidos (24.7801) en arándano osmodeshidratado cuando aplicaron temperaturas mayores a 50°C, además mencionan que temperaturas cercanas a 50°C modifican las características del tejido, favorecen la impregnación y por lo tanto la ganancia de sólidos, coincidiendo con Ochoa y Ayala (2009), quienes también mencionan que la ganancia de sólidos es proporcional a la temperatura y que temperaturas cercanas a 50 °C en la osmodeshidratación favorecen la modificación del tejido, incrementan la impregnación y promueven una mayor ganancia de sólidos.

Este estudio confirma lo dicho por estos autores, pues los resultados muestran un mayor valor de grados Brix (78.72) a 50 °C. Esto se debe a que temperaturas más altas aceleran la transferencia de masa y la difusión de solutos hacia la fruta, incrementando los grados Brix. En contraste, temperaturas más bajas reducen la velocidad de difusión, resultando en una menor absorción de azúcares y grados Brix más bajos (Gamboa y Silva, 2018).

4.1.3. Color

4.1.3.1. Luminosidad (El coeficiente de luminosidad, L^* , varía de negro a blanco en una escala de 0 a 100).

En la tabla 4 se muestra el ANOVA para la variable luminosidad en muestras de aloe vera osmodeshidratado, donde se observa que el factor temperatura no produce efectos significativos en las muestras puesto que $p > 0.05$, así mismo la interacción de la temperatura y el tipo de agente osmótico tampoco influye puesto que el valor de $p > 0.05$, lo cual significa que estos factores no producen efectos en las muestras y se afirma que ambos factores no están asociados o correlacionado, es decir, no actúan conjuntamente.

Tabla 4

Análisis de varianza para la variable luminosidad (L) con respecto a la temperatura*

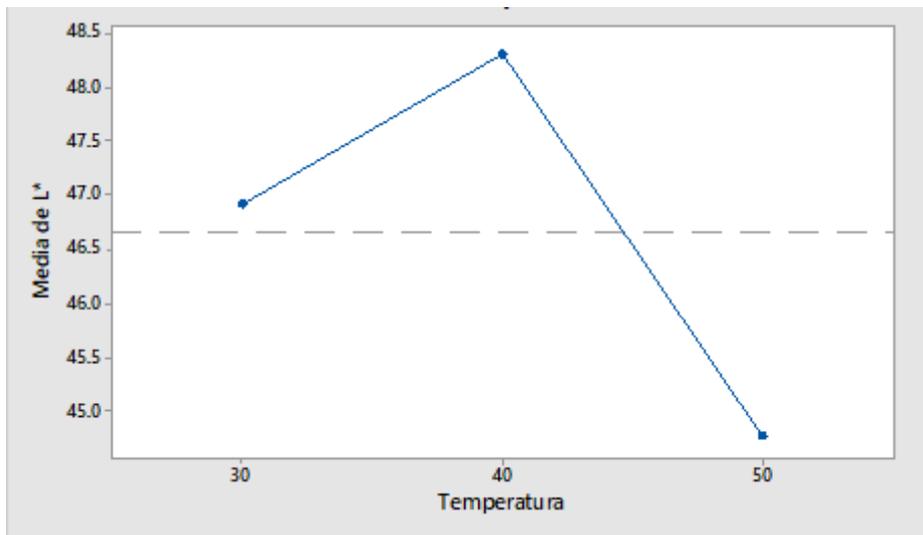
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura	2	37.912	18.956	1.57	0.247
Agente Osmótico*Temperatura	2	2.098	1.049	0.09	0.917
Error	12	144.583	12.049		
Total	17	209.988			

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

Ortega et al. (2019) reportaron que la luminosidad de rodajas de yuca deshidratada por ósmosis disminuye con el aumento de la temperatura, debido a la acción de los azúcares reductores involucrados en la reacción de Maillard, responsable de los cambios de color. Asimismo, Zuluaga et al. (2010) señalaron que la temperatura puede alterar la estructura celular, lo que influye en la dispersión de la luz y en la percepción de la luminosidad del color. Temperaturas elevadas en la osmodeshidratación pueden causar la ruptura de membranas y degradación de estructuras celulares, afectando cómo la luz se refleja en la superficie del alimento y disminuyendo su luminosidad. Además, la pérdida de agua durante el proceso modifica la refracción y dispersión de la luz, impactando su claridad percibida. Esta investigación corrobora lo expresado por los autores (figura 8), se observó que una temperatura de 50 °C reduce la luminosidad en las muestras de aloe vera, cuyo valor inicial fue de 45.46 en el espacio de color CIELAB, dentro del rango esperado (20-70), dependiendo de las técnicas y procesamientos aplicados, sin embargo, se debe tener en cuenta que el valor L* de la muestra patrón está por debajo de 50, lo que indica que a pesar de ser incoloro, el aloe vera posee baja luminosidad.

Figura 8.

Efectos principales de la temperatura sobre la luminosidad L.*



La figura 8 muestra los efectos principales del factor temperatura donde se observa que el nivel más bajo (30 °C) produce menor luminosidad en aloe vera osmodeshidratado, se observa que la luminosidad tiene promedios distintos, registrándose la luminosidad más alta para la temperatura de 40 °C y desciende drásticamente cuando se aumenta a 50 °C.

4.1.3.2. Coordenada de cromaticidad verde/rojo (-a* indica verde, +a* indica rojo):

En la tabla 5 se muestra el ANOVA para la variable a* donde se observa que la temperatura no produce efectos significativos, puesto que $p > 0.05$, así mismo se observa que la interacción entre los dos factores no influye, ya que el valor de $p > 0.05$, lo cual significa que estos factores no producen efectos en las muestras y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas.

Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Zuluaga et al. (2010) y García et al. (2015), quienes no encontraron efectos significativos de la temperatura sobre el parámetro a* en mango osmodeshidratado a temperaturas de 50 a 70 °C.

Tabla 5

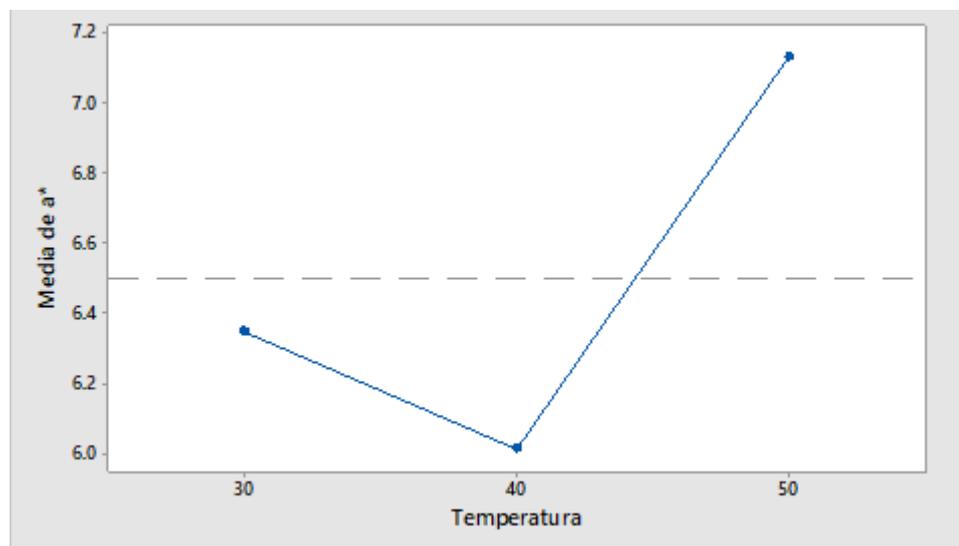
Análisis de varianza para la variable cromaticidad verde/rojo (a)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura	2	3.943	1.972	0.87	0.443
Agente Osmótico*Temperatura	2	2.086	1.043	0.46	0.642
Error	12	27.170	2.264		
Total	17	39.800			

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

Figura 9.

*Efectos principales de la temperatura para la coordenada de cromaticidad verde/rojo a**



La figura 9 muestra los efectos principales del factor temperatura sobre el parámetro a*, donde se observa que el nivel más alto (50 °C) produce mayor valor en la coordenada verde/rojo en aloe vera osmodeshidratado, cabe mencionar que los promedios de a* son distintos para cada nivel del factor en estudio, se observa una ligera disminución al aplicar una temperatura de 40 °C en comparación con la menor temperatura (30 °C), pero se observa un cambio muy pronunciado cuando se aplica 50 °C donde se alcanza los valores más altos para el parámetro a*, debido a que se relaciona con la formación de coloración marrón, aunque sigue siendo estadísticamente no significativo.

Mejia (2011) menciona que el gel de aloe vera es incoloro, es por ello que la muestra inicial tuvo un valor de a^* de 1.79 muy cerca de 0 en el espacio CIELAB donde se observa un color blanco transparente; el valor máximo alcanzado para a^* fue 8.51 esta variación es muy baja debido a que en el experimento se usaron temperaturas bajas, siendo la máxima temperatura la de 50°C.

Por otro lado, González et al. (2023) mencionan que el cambio del color y pérdida de brillo se da por las reacciones enzimáticas de pardeamiento o degradación de algunas vitaminas causadas por la temperatura en el proceso de secado, lo cual se acelera cuando los productos alimenticios son expuestos a altas temperaturas de deshidratación; así mismo ocurre la caramelización de algunos azúcares y como resultado se obtiene muestras con cromaticidad más apagadas. Por tanto, si se busca tener productos secos menos oscuros se debería aplicar temperaturas mínimas en la deshidratación.

Por ejemplo, Moreno et al. (2012) reportaron que tanto el valor de a^* y b^* en fresas osmodeshidratadas fueron cercanos a 0 cuando aplicaron menor temperatura además afirman que valores de a^* y b^* menores la claridad en las muestras será mayor.

Esta investigación muestra que los tratamientos de 30, 40 y 50°C no mostraron diferencias significativas con respecto al valor de a^* , lo que podría deberse a que la temperatura de 50°C es relativamente baja y no produce

4.1.3.3. Coordenada de cromaticidad azul/amarillo ($-b^*$ indica azul, $+b^*$ indica amarillo):

La tabla 6 muestra el ANOVA para la variable b^* (coordenada de cromaticidad azul/amarillo) y se observa que la temperatura no ejerce efectos significativos en b^* de las muestras, puesto que $p > 0.05$, así mismo la interacción de los factores no influyen ya que el valor de $p > 0.05$ lo cual indica que estos factores no producen efectos en las muestras y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas.

Los resultados de esta investigación para la coordenada b^* son valores positivos y se encuentran entre 6.31 y 23.51, siendo mayores al valor de la muestra inicial (5.48) ubicándose en la tonalidad amarillo del espacio CIELAB, sin embargo, no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

De manera similar Barrera (2007) observó que las rodajas de manzana osmodeshidratadas a 50 °C presentaron mayor encogimiento y un pardeamiento intenso, atribuido a reacciones de caramelización y de Maillard, favorecidas por la temperatura. Mendoza et al. (2015) destacaron que el pardeamiento no enzimático puede afectar la coordenada b^* del color. Sin embargo, Paz et al. (2013) reportaron una disminución de b^* en zapallo osmodeshidratado a 40 °C, con un viraje hacia tonos azules, resultados opuestos a los de esta investigación, posiblemente debido a diferencias en la composición del aloe vera.

En esta investigación el color del gel de aloe vera se mantuvo con un viraje hacia todos amarillos para todas las temperaturas aplicadas.

Tabla 6

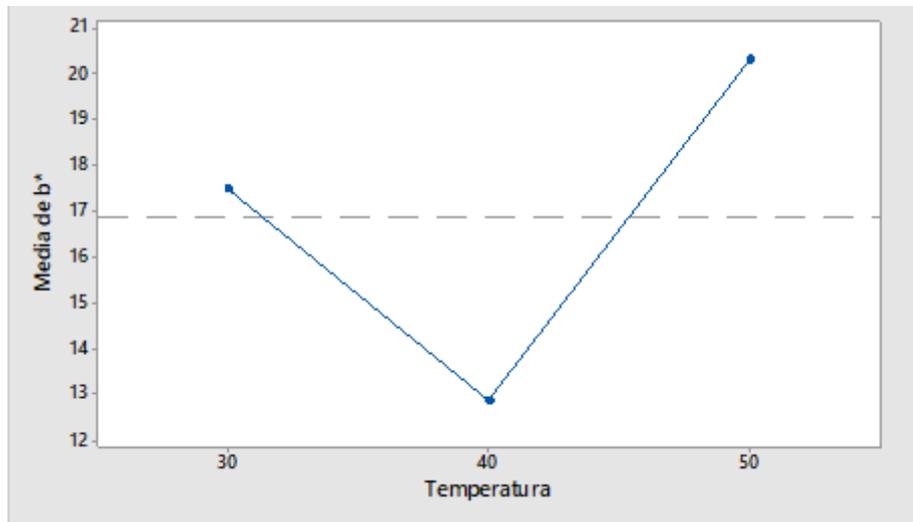
Análisis de varianza para la variable cromaticidad azul/amarillo (b^) con relación a la temperatura.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura	2	169.655	84.828	3.40	0.068
Agente Osmótico*Temperatura	2	5.798	2.899	0.12	0.891
Error	12	299.212	24.934		
Total	17	628.375			

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

Figura 10.

*Efectos principales de la temperatura para la cromaticidad azul/amarillo b^**



Nota. La grafica muestra los efectos principales del factor temperatura donde se observa que el nivel más alto (50 °C) produce mayor valor de b^* en las muestras de aloe vera osmodeshidratado, se observa que b^* tiene valores positivos por tanto vira a los tonos amarillos, además se puede observar que la temperatura de 40 °C registra los valores más bajos para b^* .

La variación de la estructura celular por altas temperaturas puede influir en la dispersión de la luz y en la percepción del color. En este estudio (Figura 10), se observó un aumento en b^* con temperaturas de 50 °C, asociado a la desactivación del polifenol oxidasa y la aparición de tonos marrón amarillento (Martínez y Whitaker, 1995, citado en Guiamba et al., 2016). Vásquez et al. (2006) demostraron que el pretratamiento osmótico favorece la retención de pigmentos debido a la formación de una corteza de jarabe y la caramelización en la superficie del alimento.

4.2 Evaluación del efecto del tipo de agente osmótico en los parámetros fisicoquímicos

4.2.1. Textura

En la tabla 7 se muestra el ANOVA para la variable textura en muestras de aloe vera osmodeshidratado, donde se observa que el factor tipo de agente osmótico no produce efectos significativos en las muestras puesto que $p > 0.05$, así mismo la interacción del tipo de agente osmótico y temperatura no influyen ya que el valor de $p > 0.05$, lo cual significa que estos factores no producen efectos significativos en la textura (dureza) de las muestras y se afirma que ambos factores no están asociados o correlacionado es decir no actúan conjuntamente, esto permite desestimar la hipótesis alterna.

Sin embargo, Barrera et al. (2021) reportaron diferencias significativas en la textura del aloe vera osmodeshidratado según el agente osmótico utilizado. El mejor puntaje de aceptación (80%) se obtuvo con miel de abeja, mientras que la muestra con sacarosa alcanzó solo un 46.67%.

Sethi y Kaur (2019) también destacaron que los tratamientos con miel de abeja y sacarosa combinados a 50 °C obtuvieron la mejor puntuación de textura (7.66), seguidos por miel de abeja sola (7), superando a la sacarosa (5.66).

En este estudio, los resultados instrumentales mostraron variaciones entre 0.12 y 0.25 N, donde la miel de abeja alcanzó el máximo valor (0.25 N), incluso superando las muestras frescas (0.22 N). Las muestras tratadas con sacarosa tuvieron menor dureza (0.12 N), lo que se explica por la formación de un gel superficial más suave (Cieurzyńska et al., 2016).

La miel de abeja proporciona mayor textura debido a su contenido de azúcares, compuestos antioxidantes y actividad enzimática (Sethi y Kaur, 2019). En cambio, la sacarosa contribuye a una menor dureza por la formación de geles más suaves en la superficie.

Silva et al. (2013) mencionaron que la osmodeshidratación generalmente reduce la dureza por alteraciones en la estructura celular, incluyendo pérdida de rigidez en las paredes

celulares y ruptura por la entrada de solutos.

Soteras (2019) atribuyó la conservación de la firmeza en frutas osmodeshidratadas a la interacción entre azúcares y iones de calcio, que forman complejos con las paredes celulares y la pectina, fortaleciendo la integridad estructural. Adicionalmente, frutas con membranas más porosas eliminan más agua y absorben más sólidos, lo que beneficia el proceso, pero puede impactar negativamente la textura final.

Tabla 7

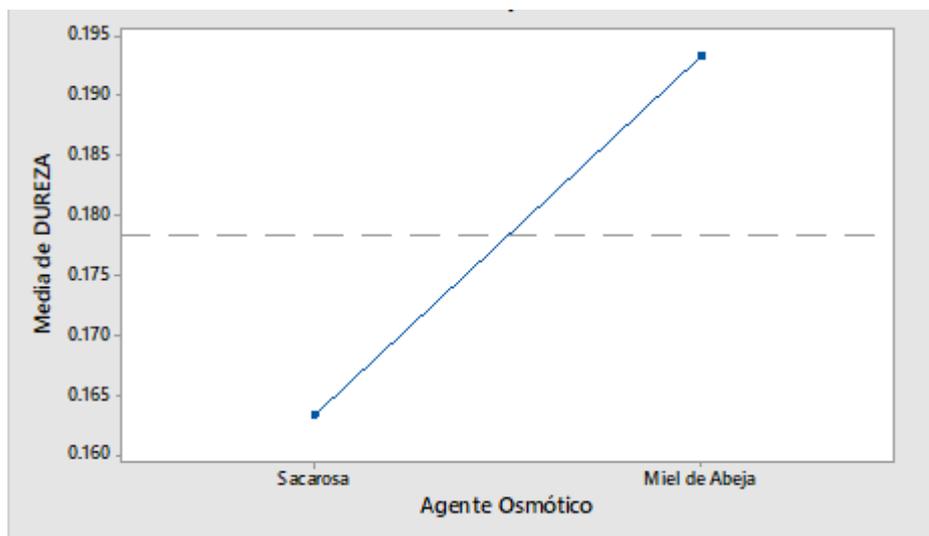
Análisis de varianza para la variable textura (dureza) con respecto al tipo de agente osmótico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Agente Osmótico	1	0.002700	0.002700	1.36	0.288
Agente Osmótico*Temperatura	2	0.004850	0.002425	1.22	0.359
Error	6	0.011900	0.001983		
Total	11	0.020967			

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

Figura 11.

Efecto principal del tipo de agente osmótico para la dureza.



Nota. La grafica muestra que con el agente osmótico miel de abeja presenta mayor media en cuanto a la dureza, mientras que con el agente osmótico sacarosa la media para la dureza desciende drásticamente obteniendo un menor valor.

4.2.2. °Brix

La tabla 8 evidencia, estadísticamente, el efecto del agente osmótico sobre el brix del aloe vera osmodeshidratado y se observa que hay significancia estadística puesto que $p < 0.05$ lo cual significa que el tipo de agente osmótico influye en los grados brix. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Los resultados mostraron un alto aumento en los grados brix de aloe vera osmodeshidratado; las muestras iniciales tuvieron 1.7 °Brix y las muestras osmodeshidratadas alcanzaron hasta 82.9 °Brix, esta ganancia de sólidos solubles es consecuencia de la pérdida de agua durante la deshidratación, en este proceso los sólidos solubles se vuelven más concentrados, además puede ocurrir un intercambio de sólidos entre el material del alimento con la dilución osmótica (Cardenas et al., 2021).

En la figura 12 se observa que hubo una mayor ganancia de sólidos solubles con el agente osmótico miel de abeja, cabe mencionar que tanto la dilución de miel de abeja como de sacarosa fue de 60 °Brix.

Quina (2023) refiere que la miel de abeja reduce más la actividad de agua a comparación de la sacarosa, esto se debe a que la miel de abeja contiene una variedad de azúcares, incluidos la fructosa y la glucosa, junto con otros componentes como ácidos orgánicos, enzimas y compuestos fenólicos; la presencia de estos componentes adicionales puede contribuir a una mayor ganancia de sólidos solubles en frutas osmodeshidratadas en comparación con la sacarosa.

Sin embargo, Cárdenas et al. (2021) no encontró efectos significativos del tipo de agente osmótico (miel de abeja, glucosa, sacarosa y fructosa) frente a grados brix en cristales de aloe vera. Por otro lado, Sandoval (2020) evaluó la cinética de °Brix en frutos de arándano deshidratados por osmosis con sacarosa e inulina, reportando mayor ganancia de °Brix para las muestras osmodeshidratadas con sacarosa.

En otros estudios se ha informado que la sacarosa es el agente osmótico más usado y que puede obtener ganancias de sólidos solubles de hasta 24.44 °Brix con concentraciones de 40°Brix y que puede haber mayor ganancia al usar concentraciones más altas de °Brix (Núñez, 2018). Esto coincide con lo encontrado en este estudio ya que se usó concentraciones de 60 °Brix y se alcanzó un promedio de 73.70 para muestras sometidas a diluciones de sacarosa y de 80.85 para miel de abeja tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 8

Análisis de varianza para la variable grados brix con relación al tipo de agente osmótico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Agente Osmótico	1	229.980	229.980	16.55	0.002
Agente Osmótico*Temperatura	2	8.109	4.054	0.29	0.752
Error	12	166.729	13.894		
Total	17	448.884			

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

Figura 12.

Efecto principal del tipo de agente osmótico para los °Brix.

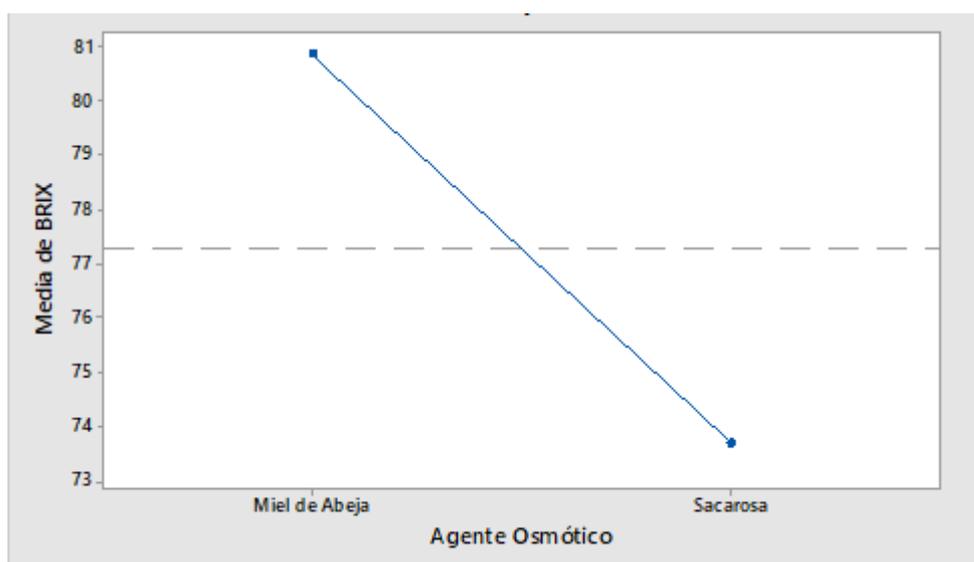


Tabla 9

Prueba de comparaciones múltiples tukey para el factor tipo de agente osmótico para la variable grados brix, confianza de 95%.

Agente Osmótico	N	Media	Agrupación
Miel de Abeja	9	80.8489	A
Sacarosa	9	73.7000	B

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

Los resultados obtenidos con la prueba de Tukey realizada con el objetivo de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor tipo de agente osmótico en los °Brix de las muestras, para determinar el mejor agente osmótico, se le agrupó en dos grupos A y B, en donde el grupo A corresponde al agente osmótico miel de abeja y el grupo B a sacarosa, como se observa ambos agentes pertenecen a grupos diferentes, esto quiere decir que existen diferencias entre sí, siendo el mejor la miel de abeja con una media de 80.84 °Brix y siendo estadísticamente superior a los tratamientos con sacarosa.

La miel de abeja contiene compuestos bioactivos, como ácidos orgánicos y compuestos fenólicos, que pueden contribuir con una mayor absorción de agua y sólidos solubles por parte del alimento durante el proceso de osmodeshidratación, además contiene enzimas naturales que pueden tener efectos en la estructura y composición de los materiales alimentarios facilitando la penetración de los azúcares y otros componentes en la fruta, lo que resulta en una mayor ganancia de sólidos solubles.

Por otro lado, Castillo y Villena (2020) mencionan que el aumento de sólidos solubles en muestras osmodeshidratadas está relacionada directamente con la concentración de la solución osmótica ya que al aumentarla existe una mayor velocidad de salida de agua del producto generando un mayor ingreso de solutos en los trozos de sábila.

4.2.3. Color

4.2.3.1. Luminosidad (El coeficiente de luminosidad, L^* , varía de negro a blanco en una escala de 0 a 100).

En la tabla 10 se muestra el ANOVA para la variable luminosidad en muestras de aloe vera osmodeshidratado, donde se observa que el tipo de agente osmótico no produce efectos significativos en las muestras puesto que $p > 0.05$, así mismo la interacción del tipo de agente osmótico y la temperatura no influyen puesto que el valor de $p > 0.05$, lo cual significa que estos factores no producen efectos en las muestras y se afirma que ambos factores no están asociados o correlacionado es decir no actúan conjuntamente, este permite desestimar la hipótesis alterna.

Sin embargo, en la figura 13 se observa que las muestras de aloe vera obtuvieron mayor valor de L^* con miel de abeja, mientras que, las muestras con sacarosa se mostraron ligeramente opacas, pero en ambos casos los valores de luminosidad fueron muy cercanas a la muestra patrón (45.5), en el espacio CIELAB estos valores se ubican en los tonos blancos.

De manera contraria Quina (2023) encontró diferencias significativas en la retención del color de sachatomate deshidratado por osmosis con sacarosa, maltodextrina y miel de abeja, los hallazgos reportados fueron una mejor retención para las muestras tratadas con maltodextrina con más de 93 % de retención con un valor promedio de 15.45, mientras que la miel de abeja y sacarosa alcanzaron una retención de 91 %.

Arista y Cruz (2014) analizaron la influencia de diferentes agentes osmóticos en pulpa de guayaba y hallaron que el mejor tratamiento con respecto al color fue el sometido a una dilución de sacarosa con 75 °Brix. A su vez, Chuquipoma (2018) utilizó sacarosa en la deshidratación osmótica de aguaymanto y encontró diferencias significativas para la concentración de la dilución y halló mayor retención del color a una concentración de 30 °Brix, reportó una retención del color de hasta 98 %. Sin embargo, en la investigación se

encontró mayores valores para L* con miel de abeja, aunque no mostraron diferencias significativas con los tratamientos con sacarosa.

La miel de abeja influye de manera positiva en la luminosidad de ciertos alimentos osmódeshidratados ya que en su composición química incluye azúcares simples como la glucosa y la fructosa, así como compuestos orgánicos y minerales, estos componentes pueden interactuar con los pigmentos presentes en los alimentos e influir en su capacidad para reflejar la luz, lo que afecta directamente el valor de luminosidad, así mismo durante el proceso de deshidratación osmótica con miel de abeja, se forma una película de azúcares y otros componentes alrededor de los alimentos, esta película puede actuar como una barrera que refleja la luz, aumentando así la luminosidad percibida del producto final (Sandoval, 2020).

Tabla 10

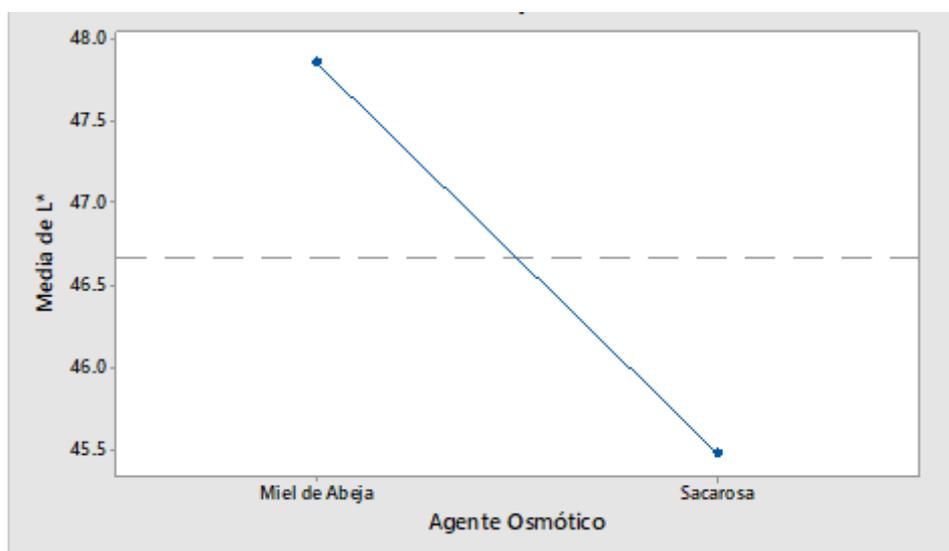
Análisis de varianza para la variable luminosidad con relación al tipo de agente osmótico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Agente Osmótico	1	25.395	25.395	2.11	0.172
Agente Osmótico*Temperatura	2	2.098	1.049	0.09	0.917
Error	12	144.583	12.049		
Total	17	209.988			

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

Figura 13.

Efecto principal del tipo de agente osmótico para la luminosidad (L^*).



Nota. La gráfica muestra los efectos principales del factor agente osmótico sobre L^* donde se observa que la mayor luminosidad en aloe vera osmodeshidratado registra la miel de abeja.

4.2.3.2. Coordenada de cromaticidad verde/rojo ($-a^*$ indica verde, $+a^*$ indica rojo):

En la tabla 11 se muestra el ANOVA para la variable a^* donde se observa que el tipo de agente osmótico no produce efectos significativos, puesto que $p > 0.05$, así mismo se observa que la interacción entre los dos factores no influye ya que el valor de $p > 0.05$ lo cual significa que estos factores no producen efectos en las muestras y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas, lo cual permite desestimar la hipótesis alterna.

Se observó una variación de a^* entre las muestras frescas comparadas con las muestras osmodeshidratadas aumentado 1.7 a 6.5 en promedio; en la figura 14 se observa que el valor de a^* fue mayor cuando se usó miel de abeja.

Resultados diferentes fueron encontrados por (Quina, 2023a) en la osmodeshidratación de sachatomate los valores más altos para a^* fueron hallados en los tratamientos con sacarosa. Por otro lado, Chuquipoma (2018) encontró que para a^* solo presentó significancia

estadística la concentración de sacarosa, siendo concentraciones entre 25 y 45 °Brix las que mejoran significativamente el color en el alimento deshidratado por osmosis, el valor de a^* aumenta a concentraciones por encima de 50 °Brix de disolución osmótica en los estudios realizados con sacarosa en la deshidratación osmótica de sachatomate vario entre 17 y 19.5 esto se debe a la mayor absorción de solutos, intercambio de pigmentos y formación de compuestos de color rojo durante el proceso.

La miel de abeja contiene una mezcla compleja de azúcares, incluyendo glucosa y fructosa, así como compuestos fenólicos y otros compuestos bioactivos (García et al., 2022), estos componentes pueden reaccionar durante el proceso de osmodeshidratación para formar productos de reacción que contribuyen a la tonalidad roja en los alimentos deshidratados. La alta concentración de azúcares en la miel de abeja puede favorecer la caramelización durante el proceso de osmodeshidratación; la caramelización implica la reacción de los azúcares con compuestos presentes en el Aloe vera, lo que resulta en la formación de compuestos de color rojo y marrón (González-Pérez et al., 2023). Estos compuestos de caramelización pueden contribuir a un aumento en la tonalidad roja del Aloe vera osmodeshidratado.

La miel de abeja también contiene compuestos antioxidantes (Paco y Montano, 2018) que pueden proteger los pigmentos naturales presentes en el Aloe vera de la degradación durante el proceso de deshidratación, esto puede ayudar a preservar el color rojo natural del Aloe vera y contribuir a un mayor valor de la coordenada a^* .

Tabla 11

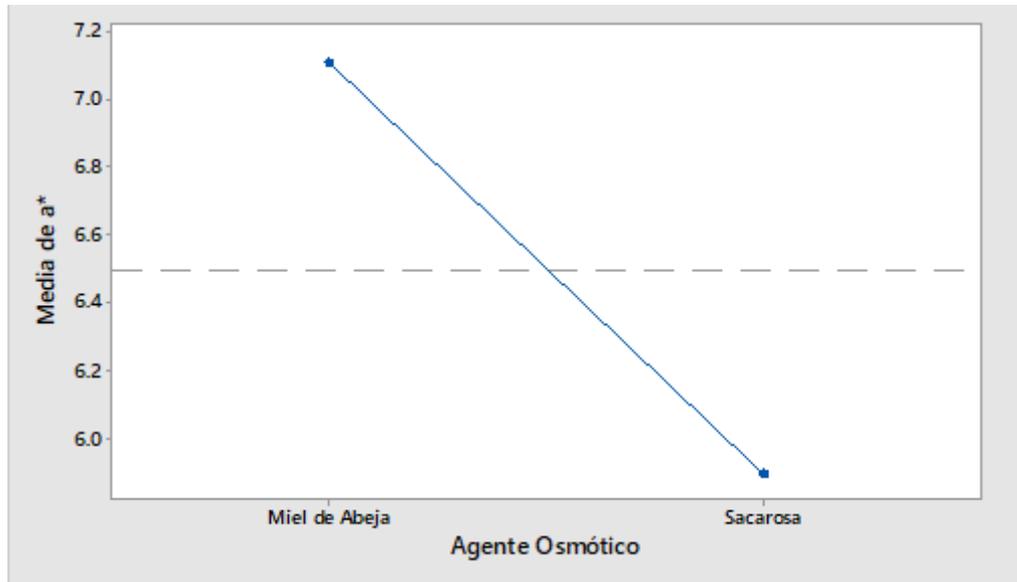
Análisis de varianza para la variable cromaticidad verde/rojo (a^) según el agente osmótico.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Agente Osmótico	1	6.601	6.601	2.92	0.113
Agente Osmótico*Temperatura	2	2.086	1.043	0.46	0.642
Error	12	27.170	2.264		
Total	17	39.800			

Nota. Obtenido del programa minitab 18

Figura 14.

Efecto principal del tipo de agente osmótico para la coordenada de la cromaticidad verde/rojo (a^).*



Nota. La gráfica muestra que con el agente osmótico miel de abeja se presenta mayor media para la coordenada a^* y son valores positivos por tanto el color vira de verde a rojo, mientras que con el agente osmótico sacarosa se obtiene menor valor de a^* pero al ser valores positivos se mantiene en los tonos rojos.

4.2.3.3. Coordenada de cromaticidad azul/amarillo ($-b^*$ indica azul, $+b^*$ indica amarillo):

En la tabla 12 se observa que el tipo de agente osmótico produce efectos significativos en el factor b^* de las muestras, puesto que $p < 0.05$, lo cual permite aceptar la hipótesis alterna debido a la presencia de significación estadística. Mientras que la interacción entre los dos factores no influye ya que el valor de $p > 0.05$ lo cual significa que estos factores no producen efectos en las muestras y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas, lo cual permite desestimar la hipótesis alterna.

Tabla 12

Análisis de varianza para la variable cromaticidad azul/amarillo (b) según el agente osmótico*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Agente Osmótico	1	153.709	153.709	6.16	0.029
Agente Osmótico*Temperatura	2	5.798	2.899	0.12	0.891
Error	12	299.212	24.934		
Total	17	628.375			

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

Un estudio realizado por Mejía (2011) reveló que los cambios más evidentes en el color de aloe vera deshidratado es en la coordenada de cromaticidad -verde/+roja en comparación con el producto fresco, menciona que estos valores variaron desde los verdes hacia los rojos oscuros debido al pardeamiento no enzimático que resulta de reacciones que son originadas por la condensación de compuestos carbonilos y amidos; también se puede dar por la degradación de compuestos con dobles enlaces unidos a carbonilos.

Los resultados de esta investigación concuerdan con lo indicado por Mejía, pues se observó una variación de b* entre las muestras tratadas y la muestra patrón (muestra fresca), aumentando de 5.48 a 16.89 en promedio; en la figura 15 se observa que el valor de b* fue mayor cuando se usó miel de abeja alcanzado un promedio de 19.82 tal como se observa en la tabla 13.

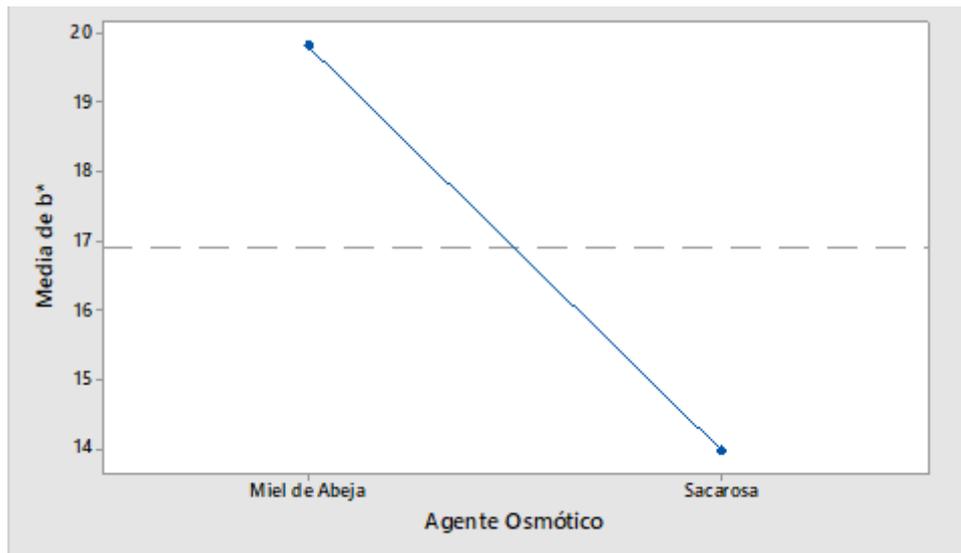
Resultados similares fueron encontrados por Sethi y Kaur (2019) en cubos de piña, reportaron promedios más altos de b* para los tratamientos expuestos a deshidratación osmótica con miel de abeja.

Para Quina (2023) el proceso de osmodeshidratación generalmente genera pérdidas del valor nutricional; afectando el contenido de vitaminas, actividad antioxidante y color en ciertas frutas donde algunos de los factores que influyen son el tamaño y forma del alimento, tipo de agente osmótico, concentración, temperaturas elevadas y tiempos prolongados en el proceso; además señala que el color es una característica importante en la calidad de los alimentos, en tal sentido el color de los productos procesados debe presentar un color parecido al de la

fruta fresca. Sin embargo, en el caso del aloe vera que es incoloro, es deseable el cambio o ganancia de color, de tal manera que sea más agradable a la vista del consumidor y en ese sentido el que produjo mejor resultado fue la solución de miel de abeja.

Figura 15.

Efecto principal del tipo de agente osmótico para la cromaticidad azul/amarillo (b^).*



Nota. La gráfica muestra que con el agente osmótico miel de abeja se presenta mayor media para b^* , se observa que los valores son positivos esto quiere decir que las muestras variaron entre los tonos amarillos, de igual manera para la sacarosa, sin embargo, se observa que la media de b^* es mucho menor en comparación con miel de abeja.

Tabla 13

Prueba de comparaciones múltiples tukey para el factor tipo de agente osmótico para la variable b^ , confianza de 95%.*

Agente Osmótico	N	Media	Agrupación
Miel de Abeja	9	19.8156	A
Sacarosa	9	13.9711	B

Nota. Obtenido del programa Minitab 18

La prueba de Tukey identificó diferencias estadísticas significativas en los valores de b^* según el agente osmótico utilizado en el aloe vera osmodeshidratado.

Los resultados agruparon a los agentes osmóticos en dos categorías: el grupo A (miel de abeja) con una media de 19.82 y el grupo B (sacarosa) con una media de 13.97. La miel de abeja fue estadísticamente superior, siendo el mejor agente osmótico para obtener valores más altos de b^* . Ambos agentes proporcionaron valores positivos de b^* , indicando un viraje hacia el color amarillo, sin embargo, al ubicarlos en el espacio CIELAB, los valores menores a 25 sugieren que las muestras son sólo ligeramente amarillas.

Quina (2023) obtuvo resultados opuestos en sachatomate osmodeshidratado, encontrando que la sacarosa generó valores más altos de b^* (24.60) en comparación con la miel de abeja (17.15), ambos superiores a la muestra control, sin embargo, en esta investigación, el valor más alto de b^* para el tratamiento con sacarosa fue de 22.25, es decir menor al de dicha investigación, mientras que el tratamiento con miel de abeja fue muy superior (23.51), observándose la mayor diferencia en las medias del valor de b^* , superando el tratamiento con miel de abeja en 5.84 al tratamiento con sacarosa. Esta diferencia podría deberse a las características específicas de cada materia prima. Aunque la miel de abeja puede influir positivamente en los atributos de color en productos osmodeshidratados, incrementando los valores de b^* gracias a su composición química única incluyendo pigmentos naturales, azúcares y compuestos antioxidantes, su impacto puede variar dependiendo del alimento tratado y sus propiedades inherentes.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La temperatura de osmodeshidratación (30, 40 y 50°C) no afectó significativamente ($p > 0.05$) a los parámetros fisicoquímicos (textura, grados brix, L^* , a^* y b^*) del aloe vera deshidratado osmóticamente en soluciones de sacarosa y miel de abeja, pero si se observaron variaciones con respecto a la muestra control, obteniéndose los mejores resultados a 50°C para °Brix, a 40°C para L^* y a 30°C para a^* , mientras que la textura sufrió efectos negativos, dando la temperatura de 50°C el valor más bajo.
- El tipo de agente osmótico presentó efectos significativos para las variables de grados brix y b^* ($p < 0.05$), siendo el agente osmótico miel de abeja el que presentó mejores resultados. mientras que la textura y las variables L^* y a^* no se vieron afectadas significativamente, sin embargo, si se observaron variaciones con respecto a la muestra patrón.

5.2 RECOMENDACIONES

- Al obtener como resultado que las temperaturas de 30, 40 y 50 °C usadas en la osmodeshidratación del aloe vera no tuvieron efectos significativos sobre los parámetros fisicoquímicos evaluados (dureza, °Brix, L*, a*, b*), se debería complementar esta investigación utilizando rangos de temperatura más amplios, pues se debe tener en cuenta que las temperaturas altas favorecen la eliminación de agua y la ganancia de sólidos lo que podría tener un efecto positivo en los parámetros organolépticos y fisicoquímicos del aloe vera.
- Al observarse que el agente osmótico natural miel de abeja tuvo efectos significativos para los parámetros de °Brix y b*, además de tener mejores efectos que la sacarosa en los parámetros de dureza, L* y a*, se deberían realizar otras investigaciones utilizando este agente osmótico con diferentes concentraciones, pues en esta investigación se utilizó una sola concentración (60°Brix) o debería utilizarse como pretratamiento a la deshidratación del aloe vera por liofilización, secado por aspersion o ventana refractante, de manera tal que se mejoren las características sensoriales y fisicoquímicas del aloe vera gracias a la miel de abeja y además se trabaje a bajas temperaturas.
- Esta investigación se limitó a la evaluación de la dureza del gel de aloe vera osmodeshidratado, sin embargo, se debería complementar esta investigación con una evaluación de los otros parámetros texturales como la masticabilidad, elasticidad, gomosidad, etc., pues todos estos parámetros influyen en la decisión de consumo de un producto y siendo la visión lograr mejorar las características fisicoquímicas y sensoriales del gel de aloe vera para que su consumo sea de alta demanda por los beneficios que ya se han mencionado previamente.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, I., Qazi, I. M., y Jamal, S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>
- Andrade, C., Limo, E., Lonzo, C., Santos, L., y Seminario, D. (2021). Diseño del proceso productivo de Aloe vera snacks en la ciudad de Piura. *Universidad Nacional de Piura. Perú*.
- Andrade, V. V., Gorozabel, W., Mendoza, F., y Arteaga, R. (2019). Conservación de sábila (Aloe vera) y mango (Mangífera indica L) mediante almíbar de miel de abeja. *Agroecología Global*, 1(1), 1–8.
- Arista, L., y Cruz, O. (2014). Efecto de la velocidad de agitación magnética sobre la deshidratación osmótica de cocona (*Solanum sessiliflorum*) en soluciones de sacarosa y miel de abeja. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Perú*, 69.
http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/541/FIA_138.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Artunduaga Antury, K. L., Vargas Rojas, D. A., y Barrera Bermeo, Ó. M. (2021). Conservación de las propiedades nutraceuticas del Aloe Vera (*Aloe Barbadensis* Miller), mediante técnicas de secado. *Ingeniería y Región*, 25, 6–21.
<https://doi.org/10.25054/22161325.2818>
- Barrera, F., Cárdenas, N., y Alcántara, Z. (2021). Deshidratación osmótica (OD) del cristal de sábila (Aloe vera), mediante la utilización de solutos de origen natural. *Siembra CBA*, 1, 51–61.

- Bocanegra, J. y Espinoza, J. (2013). Parámetros de diseño de sistema de osmodeshidratación del yacón a partir de sus parámetros de proceso. Universidad Nacional de Trujillo. Tesis de pregrado.
- Cañazaca Tito, N., Carrillo Huamani, J., Coaquira-Quispe, J. J., y Pilco-Quesada, S. (2022). Efecto de Temperatura y Velocidad de Agitación en el Deshidratado Osmótico de Jengibre (*Zingiber Officinale*). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24(3), 164–173. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.433>
- Cardona Iglesias, J. L., Castro Rincón, E., y Suárez Paternina, E. A. (2022). Los grados brix como herramienta para determinar el potencial nutricional en forrajes. In *DGP Editores*. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405798>
- 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. Ecuador*, 7(2), 809–820.
- Chuquipoma, J. (2018). Estudio de la cinética de osmodeshidratación aplicando vacío en aguaymanto (*Physalis peruviana L.*). *Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Unión. Perú*, 105. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1725/Jose_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1
- Ciurzyńska, A., Kowalska, H., Czajkowska, K., y Lenart, A. (2016). Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food. *Trends in Food Science & Technology*, 50, 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.017>.
- Domínguez-Fernández 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), 3-6. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-

- Encalada Rojas, H. J. (2017). Efecto de la temperatura y el espesor en el proceso de deshidratado de mango (*mangifera indica L.*) variedad Kent. *Universidad Católica Sedes Sapientiae*. Perú, 1–115.
http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/302/Encalada_Hilton_tesis_bachiller_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gallardo, A. (2024). Análisis sensorial y microbiológico de la salsa de palta fuerte (*Persea americana Mill*) del valle de condebamba con diferentes concentraciones de *Lactobacillus sp.* *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.*
- Gamboa Cruzado, W. B., y Silva Natividad, J. J. (2018a). Determinación de la temperatura y concentración de la solución osmótica en la deshidratación del arandano (*Vaccinium corymbosum L.*). *Universidad Nacional Del Santa*, 104.
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2557/23177.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gamboa Cruzado, W. B., & Silva Natividad, J. J. (2018b). Determinación de la temperatura y concentración de la solución osmótica en la deshidratación del arandano (*Vaccinium corymbosum L.*). *Universidad Nacional Del Santa*, 104.
- García-Paternina, M., Alvis-Bermudez, A., y García-Mogollon, C. A. (2015). Evaluación de los Pretratamientos de Deshidratación Osmótica y Microondas en la Obtención de Hojuelas de Mango (Tommy Atkins). *Información Tecnológica*, 26(5), 63–70.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500009>
- García, M., Armenteros, E., Escobar, M., García, J., Mendez, J., y Ramos, G. (2022). Composición química de la miel de abeja y su relación con los beneficios a la salud. *Revista Medica Electronica*, 44(1), 155–167.

- González-Pérez, J. E., Romo-Hernández, A., López-Malo, A., y Ramírez-Corona, N. (2023). Evaluation of osmodehydration and vacuum-assisted osmodehydration as pre-treatments during fruit drying process: The effect on drying rates, effective water diffusion and changes in product quality. *Journal of Engineering Research*, 11(4), 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100153>
- Guiamba, I., Ahrné, L., Khan, M. A. M., y Svanberg, U. (2016). Retention of β -carotene and vitamin C in dried mango osmotically pretreated with osmotic solutions containing calcium or ascorbic acid. *Food and Bioproducts Processing*, 98, 320–326. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.02.010>
- Guiné, R. P. F., y Barroca, M. J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90(1), 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.01.003>
- Hinostroza, J., y Puchoc, G. (2022). Estimación de la cinética de transferencia de materia en la osmodeshidratación de la oca (*Oxalis tuberosa*) por concentración de sacarosa. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Perú*. <http://www.uncp.edu.pe>
- Huerta, K., Flores, E., Contreras, A., Villegas, A., Chavez, Á., Chavez, S., y Arévalo, L. (2024). Incorporación de compuestos bioactivos en productos hortofrutícolas mediante dehidratación osmótica: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1–13.
- Kamil, M. (2023). A Brief Review on Aloe Vera y Aloe Vera Gel. *International Journal of Clinical Case Reports and Reviews*, 14(1), 01–04. <https://doi.org/10.31579/2690-4861/313>
- Khan, M. (2023). Nutraceutical and medicinal uses of Aloe Vera (*Aloe barbadensis*). *Journal of Nutritional & Food Sciences*, 4(2), 17–21.
- Lucano, H. (2019). Influencia del tiempo de osmodeshidratación y temperatura de secado en la aceptabilidad de papayita de monte (*Carica pubescens*). *Tesis de Pregado*.

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú, 124.
[http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1482/CHAPA GRANDEZ SALLY PATRICIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1482/CHAPA_GRANDEZ_SALLY_PATRICIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mahendra, M., y Thakre, P. (2023). Optimization of Process Parameters for Osmotic Dehydration of Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller) Gel Using Response Surface Methodology. *Int.J.Curr.Microbiol*, 12(1), 105–120.

Mathias-Rettig, K., y Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57–66. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>

Mejía Terán, A. L. (2011). Efecto de la deshidratación por radiación infrarroja sobre algunas características fisicoquímicas de interés comercial del Aloe vera (*Aloe barbadensis*). *Tesis de Maestría, Universidad de La Sabana. México*, 77.
<http://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/1249?locale-attribute=en>

Mendoza-Corvis, F. A., Hernández, E. J., y Ruiz, L. E. (2015). Efecto del Escaldado sobre el Color y Cinética de Degradación Térmica de la Vitamina C de la Pulpa de Mango de Hilacha (*Mangífera indica* var *magdalena river*). *Información Tecnológica*, 26(3), 09–16.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000300003>

Moreno, J., Simpson, R., Baeza, A., Morales, J., Muñoz, C., Sastry, S., y Almonacid, S. (2012). Effect of ohmic heating and vacuum impregnation on the osmodehydration kinetics and microstructure of strawberries (cv. Camarosa). *Lwt*, 45(2), 148–154.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.09.010>

Nicolau-Lapeña, I., Colàs-Medà, P., Alegre, I., Aguiló-Aguayo, I., Muranyi, P., y Viñas, I. (2021). Aloe vera gel: An update on its use as a functional edible coating to preserve fruits and vegetables. *Progress in Organic Coatings*, 151(September 2020).
<https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106007>

- Núñez Mejía, E. M. De Los A. (2018). *Ganancia de Sólidos, Pérdida de Agua y Textura Durante la Deshidratación Osmótica del Yacón (Smallanthus Sonchifolius) Evaluado a Diferentes Presiones y Temperaturas.*
- Ochoa-Martínez, C. I., & Ayala-Aponte, A. (2009). Modelos Matemáticos De Transferencia De Masa En Deshidratación Osmótica Mathematical Models of Mass Transfer in Osmotic Dehydration Modelos Matemáticos De Transferencia De Masa En Deshidratación Osmótica. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(5), 330–342. <https://doi.org/10.1080/11358120509487660>
- Ore, F., y Aguirre, L. (2020). Efecto del tiempo y temperatura en la deshidratación de oca (Oxalis Tuberosa Mol.) mediante lecho fluidizado para la obtención de harina. *Alfa Revista de Investigación En Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 4(12), 200–210. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-090220200003000003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ortega-Quintana, F. A., Montes-Montes, E. J., Pérez-Sierra, O. A., y Vélez-Hernández, G. I. (2019). Efecto de la Deshidratación Osmótica y la Temperatura sobre el Color y la Fuerza Máxima de Fractura de Rodajas de Yuca en Freído por Inmersión. *Información Tecnológica*, 30(1), 311–320. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000100311>
- Paco, G., y Montano, J. L. (2018). Características Físico Y Químico De La Miel De Abeja En El Distrito De Acoria - Huancavelica. *Tesis*, 80. <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP - UNH. ENF. 0101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quina, D. (2023a). Efecto de la sacarosa, maltodextrina y miel de abeja por osmodeshidratación con impregnación al vacío en la retención de vitaminas, capacidad antioxidante y color del sachatomate (Solanum betaceum Cav). *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional José María Arguedas. Perú*, 2(2), 1–53.

- Quina, D. (2023b). Efecto de la sacarosa, maltodextrina y miel de abeja por osmodeshidratación con impregnación al vacío en la retención de vitaminas, capacidad antioxidante y color del sachatomate (*Solanum betaceum Cav*). *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional José María Arguedas, Perú*, 2(2), 1–53. <https://docplayer.es/81015260-Universidad-nacional-jose-maria-arguedas-facultad-de-ingenieria-escuela-profesional-de-ingenieria-de-sistemas.html%0Ahttp://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/114/131>.
- Reynolds, T. (2004). *Aloes: The Genus Aloe. Medicinal and aromatic plants-industrial profiles*. Editorial CPR Press LLC.
- Sahin, S., y Gülüm Sumnu, S. (2006). *Physical Properties of Foods* [Propiedades Físicas de los Alimentos]. Springer Verlag GmbH.
- Sandoval Mendoza, J. M. (2020). Modelación De La Cinética De Secado Convectivo Del Arándano Con Pretratamiento Osmótico. *Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Tlanjomulco, Jal. México*.
- Sethi, K., y Kaur, M. (2019). Effect of osmotic dehydration on physicochemical properties of pineapple using honey, sucrose and honey-sucrose solutions. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), 6257–6262. <https://doi.org/10.35940/ijeat.A2026.109119>.
- Sharma S. K., Mulvaney S. J., y Rizvi S. S. (2003). *Ingeniería de alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio* (1ra ed.). Editorial Limusa, S.A.
- Silva Paz, R. J., Denoya, G. I., Languasco, J. M., y Della Rocca, P. A. (2013). Proyecciones Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires Vice-Rector Diseño y Diagramación Universidad Tecnológica Nacional. *Facultad Regional Buenos Aires*, 11(1). https://www.frba.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2016/05/v11_1.pdf#page=47

- Soteras, E. (2019). Aplicación de recubrimientos comestibles a productos sometidos a deshidratación osmótica. *Tesis de Posgrado, Universidad Nacional de La Plata, Argentina*, 226.
- Urfalino-Rodríguez, D. P., y Werlock-Hughes, J. (2015). Evaluación del color en pulpa de tomates deshidratados dulces para la elaboración de confituras. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 131. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21892>
- Vásquez-Caicedo, A. L., Heller, A., Neidhart, S., y Carle, R. (2006). Chromoplast morphology and β -carotene accumulation during postharvest ripening of mango Cv. "Tommy Atkins." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(16), 5769–5776. <https://doi.org/10.1021/jf060747u>
- Ventura, W. (2023). Efecto del edulcorante y el tiempo de inmersión en la deshidratación osmótica en la carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú*, 1, 1–125. http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGRO_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zuluaga, J. D., Cortes-Rodríguez, M., y Rodríguez-Sandoval, E. (2010). Evaluación De Las Características Físicas De Mango Deshidratado Aplicando Secado Por Aire Caliente Y Deshidratación Osmótica. *Revista de La Facultad de Ingeniería U.C.V*, 25(4), 127–135. <http://www.revistadelafacultaddeingenieria.com/index.php/ingenieria/article/viewFile/334/334>

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1 . Datos experimentales

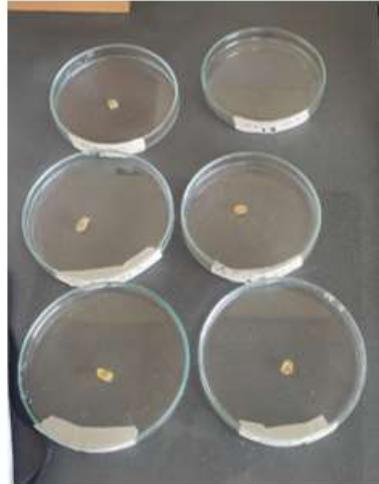
Agente Osmótico	Temperatura	Repetición	Textura (dureza) (N)	Grados Brix	Color		
					(L*)	(a*)	(b*)
Patrón			0.22	1.7	45.46	1.79	5.48
Sacarosa	30 °C	1	0.20	67.6	45.04	4.71	7.99
Sacarosa	30 °C	2	0.18	70	47.05	6.81	22.25
Sacarosa	30 °C	3	0.16	76.4	44.11	4.49	14.16
Sacarosa	40 °C	1	0.18	77.8	55.46	2.63	6.35
Sacarosa	40 °C	2	0.14	73.8	43.26	6.24	9.9
Sacarosa	40 °C	3	0.20	74.4	44.04	7.31	11.25
Sacarosa	50 °C	1	0.12	68.5	41.00	5.8	19.55
Sacarosa	50 °C	2	0.14	81.7	44.97	7.54	22
Sacarosa	50 °C	3	0.12	73.1	44.36	7.52	12.29
Miel de abeja	30 °C	1	0.25	76	47.66	7.16	16.54
Miel de abeja	30 °C	2	0.16	81	49.03	6.42	21.22
Miel de abeja	30 °C	3	0.14	79.6	48.6	8.51	22.79
Miel de abeja	40 °C	1	0.20	81.14	46.23	7.86	20.86
Miel de abeja	40 °C	2	0.18	78	48.58	7.44	20.83
Miel de abeja	40 °C	3	0.16	82.9	52.25	4.62	8.03
Miel de abeja	50 °C	1	0.16	82.4	47.92	6.38	21.42
Miel de abeja	50 °C	2	0.18	83.5	42.62	7.55	23.14
Miel de abeja	50 °C	3	0.25	83.1	47.78	8.01	23.51

Anexo 2 . Panel fotográfico





Osmodeshidratación de aloe vera



Muestras de Aloe Vera osmodeshidratadas



**COLORÍMETRO
(Medición del color)**



**Refractómetro
(Medición de grados Brix)**