

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE**  
**INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**TESIS**

**“CONCENTRACIÓN DE VITAMINA C EN UN SNACK DE OLLUCO (*Ullucus tuberosus*) IMPREGNADO AL VACÍO, EXPUESTO A DIFERENTES TIEMPOS Y PRESIONES, EVALUADO TEXTURALMENTE”**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentado por el Bachiller:**

**CARLOS HUMBERTO CUEVA CASTREJON**

Asesores:

Ing. Mg. Max Edwin Sangay Terrones

M.Sc. Yoner Alito Salas Pastor

**CAJAMARCA - PERÚ**

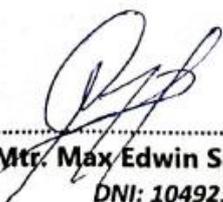
**2024**



## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
**Carlos Humberto Cueva Castrejon**  
DNI: N° 48141619  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**
2. Asesor:  
**Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones**  
**Ing. Mtr. Yoner Alito Salas Pastor**  
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:  
**CONCENTRACIÓN DE VITAMINA C EN UN SNACK DE OLLUCO (*Ullucus tuberosus*)  
IMPREGNADO AL VACÍO, EXPUESTO A DIFERENTES TIEMPOS Y PRESIONES, EVALUADO  
TEXTURALMENTE**
6. Fecha de evaluación: 30/04/2025
7. Software antiplagio:  TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 22%
9. Código Documento: oid: 3117:454368799
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 14/05/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ..... <b>Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones</b> DNI: 10492305



**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 dieciséis 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° 441-2024-FCA-UNC, de fecha 16 de setiembre del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**CONCENTRACIÓN DE VITAMINA C EN UN SNACK DE OLLUCO (*Ullucus tuberosus*) IMPREGNADO AL VACÍO, EXPUESTO A DIFERENTES TIEMPOS Y PRESIONES, EVALUADO TEXTURALMENTE**", realizada por el Bachiller **CARLOS HUMBERTO CUEVA CASTREJON** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las once horas y cinco 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 dieciséis (16); 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 doce horas 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. **Jimmy Frank Oblitas Cruz**  
**SECRETARIO**

Dr. **José Gerardo Salhuana Granados**  
**VOCAL**

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

Ing. Mtr. **Yoner Alito Salas Pastor**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de investigación a mi madre, mis hermanas y familiares cercanos por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación.

A mis profesores y mentores, por guiarme con sabiduría y paciencia a lo largo de este viaje académico.

A aquellos conocidos que me apoyaron para poder culminar esta investigación.

Y a todos aquellos que creyeron en mí para seguir adelante y alcanzar mis metas.

Con gratitud infinita

Carlos Humberto Cueva Castrejón

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de esta tesis.

En primer lugar a Dios, a mi madre, mis hermanas y familiares cercanos por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi fuente de inspiración y motivación en cada etapa de este viaje académico.

A mis profesores y mentores, Especialmente al Ing. Mg. Max Sangay Terrones, por su guía invaluable, sus consejos sabios y su paciencia inagotable. Sus enseñanzas han sido fundamentales para la culminación de este trabajo.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y su personal por proporcionarme un entorno académico enriquecedor y por facilitar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

A todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron a este logro, les extiendo mi más sincero agradecimiento.

Y ultimo y no menos importante a mí mismo por ser implacable y no darme por vencido en nada durante este proyecto.

Con gratitud

Carlos Humberto Cueva Castrejón

## INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRAC</b> .....	<b>ix</b>
<b>I. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Descripción del problema</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3. Justificación de la Investigación</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4. Objetivos</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4.1. Objetivo general</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4.2. Objetivos específicos (en caso de ser necesario)</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5. Hipótesis</b> .....	<b>6</b>
<b>II. Revisión DE LITERATURA</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Antecedentes de la Investigación</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Bases teóricas</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3. Definición de términos</b> .....	<b>23</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>33</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>44</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>45</b>

<b>VII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>46</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>52</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Composición nutricional del olluco en 100 g de muestra seca</i>	14
Tabla 2	<i>Arreglo de los tratamientos</i>	29
Tabla 3	<i>Análisis de varianza para la variable contenido de vitamina C</i>	34
Tabla 4	<i>Pruebas de HSD tukey para el factor presión de impregnación, para la variable contenido de vitamina C, confianza de 95%</i>	35
Tabla 5	<i>Pruebas de HSD tukey para el factor tiempo de impregnación, para la variable contenido de vitamina C, confianza de 95%</i>	36
Tabla 6	<i>Pruebas de HSD tukey para el factor concentración de vitamina C, para la variable contenido de vitamina C, confianza de 95%</i>	38
Tabla 7	<i>Optimización para contenido de vitamina C en los snacks de olluco</i>	39
Tabla 8	<i>Análisis de Varianza para la variable textura (dureza)</i>	41
Tabla 9	<i>Optimización de la variable textura (dureza)</i>	43

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	<b><i>Formas de olluco</i></b>	<b>12</b>
<b>Figura 2.</b>	<b><i>Variedades de olluco</i></b>	<b>13</b>
<b>Figura 3.</b>	<b><i>Mecanismo hidrodinámico en un poro ideal</i></b>	<b>19</b>
<b>Figura 4.</b>	<b><i>Curva típica de TPA</i></b>	<b>20</b>
<b>Figura 5.</b>	<b><i>Ubicación de laboratorio Universidad Nacional de Cajamarca</i></b>	<b>25</b>
<b>Figura 6.</b>	<b><i>Flujograma del proceso de impregnación al vacío de vitamina C en snacks de olluco</i></b>	<b>31</b>
<b>Figura 7.</b>	<b><i>Efectos principales para la variable contenido de vitamina C</i></b>	<b>34</b>
<b>Figura 8.</b>	<b><i>Efectos principales para la variable dureza</i></b>	<b>42</b>

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1 . Datos experimentales .....</b>	<b>52</b>
<b>Anexo 2 . Acido Ascorbico (Vitamina C) .....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo 3 . Panel fotográfico .....</b>	<b>53</b>

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la concentración de vitamina C en un snack de olluco impregnado al vacío expuesto a diferentes tiempos y presiones evaluado texturalmente. La ejecución del proyecto se desarrolló en la universidad Nacional de Cajamarca, las muestras de olluco fueron de la variedad amarillo, estos fueron cortados en rodajas de diámetro 25 a 40 mm y 1 mm de espesor. Para el proceso de impregnación se utilizó concentraciones de vitamina C (0.3, 0.4 y 0.5 %), presiones (250, 350 y 450 mbar) y tiempos de impregnación (10, 15 y 20 minutos), haciendo un total de 27 muestras, luego fueron oreadas hasta eliminar el exceso de humedad, para luego someterlas a un proceso de fritura en aceite a una temperatura mayor a 100 °C durante 25 segundos. Para el análisis del contenido de vitamina C se usó el método diclorofenolindofenol y la textura (dureza) se midió usando texturometro. Los resultados mostraron que los factores en estudio fueron significativos ( $p < 0.05$ ) para el contenido de vitamina C, mientras que para la textura ningún factor fue significativo ( $p > 0.05$ ), el contenido de vitamina C fue entre 0.89 a 4.39 % y la textura en un rango de 0.57 a 4.02 N. Se concluye que el contenido más alto de vitamina C impregnada en los snacks de olluco se logra al aplicar una presión de 450 mbar, un tiempo de 20 minutos y una concentración de la dilución de 0.5 % de vitamina C, y la mayor dureza se logra al aplicar 250 mbar durante 20 minutos a una concentración de vitamina C de 0.3 %.

*Palabras clave:* olluco, impregnación al vacío, vitamina C, presión de impregnación, tiempo de impregnación, textura.

## ABSTRAC

The main objective of this research was to determine the concentration of vitamin C in a vacuum-impregnated olluco snack exposed to different times and pressures evaluated texturally. We worked with olluco of the yellow variety, they were cut into slices with a diameter of 25 to 40 mm and 1 mm thick. For the impregnation process, vitamin C concentrations (0.3, 0.4 and 0.5%), pressures (250, 350 and 450 mbar) and impregnation times (10, 15 and 20 minutes) were used, making a total of 27 samples, then They were aerated until excess moisture was eliminated, and then subjected to a frying process in oil at a temperature greater than 100 °C for 25 seconds. For the analysis of vitamin C content, the dichlorophenolindophenol method was used and the texture (hardness) was measured using a texturometer. The results showed that the factors under study were significant ( $p < 0.05$ ) for the vitamin C content, while for the texture no factor was significant ( $p > 0.05$ ), the vitamin C content was between 0.89 to 4.39% and the texture in a range of 0.53 to 5.25 N. It is concluded that the highest content of vitamin C impregnated in the Olluco snacks is achieved by applying a pressure of 450 mbar, a time of 20 minutes and a dilution concentration of 0.5%. of vitamin C, and the highest hardness is achieved by applying 250 mbar for 10 minutes at a vitamin C concentration of 0.3%.

*Keywords:* olluco, vacuum impregnation, vitamin C, impregnation pressure, impregnation time, texture.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad se busca incluir en la dieta alimentos que contengan compuestos bioactivos ya que podrían brindar múltiples beneficios para la salud, estudios han confirmado que los efectos de la combinación de múltiples factores funcionales alimentarios pueden ser mayores que los efectos de cada componente por separado, lo que lleva a un efecto aditivo (Geng et al., 2023). Existen técnicas que permiten adicionar nutrientes a diversos alimentos como frutas, hortalizas y tubérculos, una de ellas es la impregnación al vacío (IV) esta técnica se utiliza para infundir nutrientes, como vitaminas, minerales o compuestos bioactivos, en los tejidos de estos (Mierzwa et al., 2022).

Este método es una forma innovadora que se utiliza en la industria alimentaria con el fin de mejorar el valor nutricional (vitaminas, minerales antioxidantes y otros nutrientes esenciales) de ciertos alimentos para aumentar su contenido de nutrientes y potenciar su contribución a una dieta saludable impregnarlos con nutrientes adicionales, se mejora su valor nutricional sin alterar significativamente sus características organolépticas, lo que permite a los consumidores disfrutar de alimentos más beneficiosos para su salud, al mismo tiempo que optimiza la conservación y la eficiencia en la producción (Rojas Gutiérrez, 2015). El vacío se crea mediante una bomba de vacío que extrae el aire y reduce la presión en el recipiente o la cámara de impregnación al eliminar el aire, los poros de la superficie de los alimentos o ingredientes se abren y se expanden, lo que permite que la solución líquida con nutrientes penetre más fácilmente en su interior (Mierzwa et al., 2022).

El olluco es un tubérculo andino que ha servido de alimento a la población desde tiempos inmemorables, es apreciado por sus grandes virtudes nutricionales, posee aminoácidos esenciales, vitaminas, proteínas, minerales, carbohidratos y alto contenido de almidón, además contiene bajo contenido de calorías por lo que es considerado como un alimento dietético ya

que evita el sobrepeso; es un producto perecible el tiempo de vida útil aproximadamente es 30 días en condiciones ambientales, el cual aumenta cuando la temperatura de almacenamiento es menor a 10 °C y a una baja humedad 70 % (Calderon y Peceros, 2023).

Los snacks son alimentos ligeros fáciles de comer, diseñados para satisfacer el hambre o los antojos rápidamente, proporcionando una sensación de saciedad temporal, pueden tener diferentes formas y presentaciones, desde productos envasados y procesados, como papas fritas, galletas, barritas energéticas y frutos secos, hasta opciones más saludables como frutas frescas, verduras cortadas, yogurt, frutos secos naturales, entre otros, en la actualidad la demanda de alimentos saludables se incrementado y uno de ellos son los snacks con propiedades nutricionales y funcionales mejoradas, debido a la alta aceptabilidad especialmente por los niños, por lo general estos productos tiene un bajo valor nutricional con contenidos deplorables de proteínas y compuestos bioactivos (Lucas et al., 2018).

Por lo expuesto anteriormente en esta investigación se determinó la Concentración de vitamina C en un snack de olluco impregnado al vacío expuesto a diferentes tiempos y presiones siendo evaluado texturalmente cabe mencionar que la vitamina C, también conocida como ácido ascórbico, es una vitamina hidrosoluble esencial para el funcionamiento adecuado del cuerpo humano, esto significa que el organismo no puede sintetizarla por sí mismo y debe obtenerla a través de la dieta se encuentra en una variedad de alimentos, principalmente en frutas cítricas, como naranjas, limones y kiwis, así como en verduras como pimientos, brócoli y espinacas.

### **1.1. Descripción del problema**

La mayoría de los métodos de procesamiento de snacks implican la eliminación de agua de las materias, lo que puede llevar a una pérdida de nutrientes solubles en agua, o el horneado pueden degradar ciertas vitaminas sensibles al calor, como la vitamina C y algunas vitaminas del complejo B. Además, los antioxidantes presentes en los tubérculos, como los carotenoides,

pueden verse afectados negativamente por el calor. Como las vitaminas B y C. por ejemplo las altas temperaturas utilizadas en la fritura o el deshidratado pueden degradar ciertas vitaminas sensibles al calor, como la vitamina C y algunas vitaminas del complejo B. Además, los antioxidantes presentes por ejemplo en tubérculos, como los carotenoides, pueden verse afectados negativamente por el calor (Tian et al., 2017).

Por tanto, hoy en día se ha realizado investigaciones direccionadas a crear alimentos fortificados mediante diversos métodos entre estos esta; la impregnación al vacío ha sido descrita como un proceso rápido de transferencia de masa que ocurre cuando las estructuras porosas se sumergen en una fase líquida (Duarte-Correa, Granda-Restrepo, et al., 2020). Fito et al. (2001) consiste en intercambiar el gas interno, o líquido ocluido en poros abiertos, por una fase líquida externa, debido a la acción de mecanismos hidrodinámicos promovidos por los cambios de presión.

El olluco es un tubérculo andino que posee innumerables propiedades nutricionales, pero existen pocas investigaciones relacionadas con este producto, se muestra poco interés en la industrialización, por ello en la presente investigación se busca determinar la concentración de vitamina C expuesto a diferentes presiones y tiempos en un snack de olluco impregnado al vacío y evaluado texturalmente. La textura es un aspecto importante de la calidad sensorial de los alimentos y puede ser afectada por varios factores, incluyendo la presión y el tiempo de impregnación de otros componentes en un alimento, así una presión adecuada durante el proceso de impregnación facilita que la solución penetre en la estructura de los alimentos alcanzando las capas internas, lo que contribuye a una textura más homogénea en todo el producto final (Saldaña, 2020).

El consumo de snacks principalmente por los niños es muy amplio, este producto es elaborado a partir de frutas, frutos secos, verduras, cereales y tubérculos, por lo general el tubérculo más usado para producir snack son las papas, el proceso de elaboración más común

es la fritura en aceite, también se está usando en la actualidad técnicas de secado (Duarte, et al., 2020a).

Sin embargo, estos procesamientos pueden ocasionar problemas relacionados con la salud del consumidor, ya que, durante el proceso de freído puede formarse compuestos no deseados como la acrilamida, por otro lado, estos productos resultan ser poco nutritivos y que el consumo excesivo de estos alimentos puede dar lugar a una serie de problemáticas que afectan tanto la salud individual como la sociedad en su conjunto (Tian et al., 2017). Por ejemplo, la obesidad, es consecuencia del consumo de los alimentos, como aquellos altos en grasas saturadas, azúcares y calorías vacías, pueden contribuir al aumento de peso y la obesidad, además pueden ocasionar enfermedades crónicas (Duarte et al., 2020a).

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la concentración de vitamina C en un snack de olluco impregnado al vacío expuesto a diferentes tiempos y presiones evaluado texturalmente?

## **1.3. Justificación de la Investigación**

En esta investigación se buscó determinar la textura ya que es un aspecto crítico en la aceptación del consumidor de los snacks. Al evaluar el efecto de diferentes presiones y tiempos de impregnación al vacío, se pueden obtener resultados que permitan obtener un snack de olluco, alta con concentración de vitamina C, textura agradable y crujiente, lo cual es fundamental para el éxito comercial del producto.

Los snacks de olluco se pueden utilizar como una estrategia ideal para entregar alimentos nutritivos, debido a que este bocadillo es muy consumido por la población, es muy sabido que las deficiencias de vitamina C son una preocupación de salud pública a nivel mundial. Al enriquecer el olluco con esta vitamina, podríamos abordar de manera efectiva

este problema y contribuir a una mejora en la ingesta de nutrientes esenciales para la población local.

Los resultados de esta investigación no solo serían relevantes para la producción de snacks de olluco, sino que también podrían sentar las bases para futuros desarrollos en la impregnación al vacío de otros alimentos, ofreciendo nuevas oportunidades para mejorar la calidad y la diversidad de productos en la industria alimentaria. Este trabajo de investigación podría tener un impacto positivo en la economía local, alentar el desarrollo agrícola sostenible y promover la diversificación de cultivos.

Es un requisito académico indispensable realizar esta investigación para obtener el título profesional, ya que permite afianzar y profundizar los conocimientos científicos y prácticos obtenidos a lo largo de la carrera universitaria y con ello la universidad aporta un profesional a la sociedad.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Determinar la concentración de vitamina c en un snack de olluco impregnado al vacío expuesto a diferentes tiempos y presiones evaluado texturalmente.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Evaluar el contenido de vitamina C en los snacks de olluco impregnado al vacío con diferentes presiones y tiempos de impregnación, y la concentración de vitamina C de las diluciones.
- Determinar la influencia en la textura de las diversas concentraciones de vitamina C.
- Establecer la presión de impregnación al vacío de vitamina C en la textura de un snack de olluco.

- Determinar el tiempo de impregnación al vacío de vitamina C en la textura de un snack de olluco.

### **1.5. Hipótesis**

El contenido de vitamina C en un snack de olluco impregnado al vacío a diferentes tiempos y presiones, y evaluado texturalmente es significativo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Duarte et al. (2020) desarrolló papas fritas bajo en grasa, fortificadas con calcio, vitamina C y E mediante la impregnación al vacío y secado al vacío por microondas al vacío analizaron algunas propiedades texturales y nutricionales; encontrando que el proceso de fortificación a través de la impregnación al vacío mejoró significativamente el contenido de los fortificantes. Concluyeron que la combinación de impregnación al vacío y el secado al vacío por microondas es una alternativa para producir snacks bajos en grasas con valor agregado y calidad sensorial aceptable. Por su parte la presión absoluta (4kPa), tuvo un efecto importante sobre los contenidos de vitamina C y vitamina E: a mayor presión absoluta, mayor retención de las vitaminas. Aunque el uso de un mayor vacío provocó más pérdidas de vitaminas, todos los procesos elevaron el contenido de vitaminas en los snacks. Este antecedente da a conocer la presión óptima de impregnación al vacío de nutrientes en las papas fritas, esto da una referencia de la presión necesaria para impregnar vitamina C en el snack de olluco.

Derossi et al. (2021) desarrollaron un snack de manzana con propiedades nutricionales mejoradas a través de impregnación al vacío. Usaron dos presiones (150 mbar – 650 mbar), el tiempo de vacío (1–7 min) y el tiempo de relajación (3–13 min) para realizar el proceso de impregnación. Reportando que el llenado de poros de manzana ocurrió con una ganancia de peso máxima de 19.5% y una reducción de fracción de porosidad de 15.32% a menos de 5% pero solo la presión y el tiempo de relajación afectan significativamente el nivel de impregnación. Este antecedente muestra las variables que afectan significativamente el proceso de impregnación por tanto permite seleccionar los niveles de los factores en estudio.

Mierzwa et al. (2022) evaluaron la eficacia de la impregnación al vacío de ácido ascórbico en arándanos rojos. La presión y el tiempo del proceso también afectan la eficiencia de la impregnación. Reportaron que la eficacia de la impregnación se consigue con 50 mbar

mientras que con 300 mbar la eficacia es menor, es decir mientras menor sea la presión mayor será el contenido de ácido ascórbico, mostrando un comportamiento contrario con el tiempo, es decir a mayor tiempo de impregnación, mayor será el contenido de ácido ascórbico en la fruta. Y concluyeron que la impregnación al vacío es un método efectivo para enriquecer bayas difíciles de procesar con compuestos valiosos. Este estudio sirve como referencia porque da a conocer la relación de los parámetros de impregnación al vacío con la eficacia de la impregnación de ácido ascórbico.

Souza et al. (2021) evaluaron el uso de ultrasonido sobre la concentración de probióticos y la estabilidad de almacenamiento de yuca deshidratada impregnada con *Lactobacillus casei*. La impregnación lo realizaron a presión atmosférica o vacío, con ultrasonido como pretratamiento. Los resultados reportados dieron un mayor contenido de humedad, mostrando una mayor capacidad de infiltración del líquido de impregnación. La concentración de probióticos después del tratamiento con ultrasonido e impregnación atmosférica fue mayor en comparación con ultrasonido e impregnación al vacío ( $p < 0,05$ ). Esta investigación destaca como influye el método de impregnación, tanto en el secado como en la concentración de probióticos durante el proceso y almacenamiento del producto.

Abalos et al. (2020) adicionaron polifenoles a través de la impregnación al vacío y la cocción a baja presión en camote. Los camotes se pelaron y cortaron en rodajas de 3 mm de espesor y 50 mm de diámetro y bastones de 5 cm de largo por 5 mm de espesor. Como medio de impregnación utilizaron una solución comercial de extracto de polifenoles (95% [v/v] de proantocianidinas), usando tiempos de vacío de 10, 15, 20, 25 y 30 min a una presión constante de 0.8 bar. Dentro de los parámetros fisicoquímicos que se midieron fue, textura y contenido de polifenoles totales, se evaluó el comportamiento al cocinado y se realizaron evaluaciones sensoriales. Los hallazgos reportados fueron un aumento del 473 % en la concentración de compuestos fenólicos respecto a la muestra control, la textura se mantuvo estable. Esta

investigación muestra el intervalo de tiempo de impregnación al vacío necesario para obtener resultados óptimos.

Rojas (2015) obtuvo hojuelas de yacón deshidratadas (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. y Endl.), utilizando aloe vera, lo cual permitió determinar los parámetros de impregnación al vacío. La metodología fue de superficie de respuesta que permite evaluar la optimización del producto. Se utilizó pulpa de yacón de color anaranjado y una solución de impregnación Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS). Usó una disolución de 15 g/ 100 ml de aloe Gold Seal- Natural 200X en muestras de yacón de 5 mm de espesor y 40 mm de diámetro. Reportando una porosidad efectiva de 18.97% y una fracción volumétrica promedio de 0.0721 m<sup>3</sup> solución/m<sup>3</sup> fruta fresca; la cantidad de aloe incorporado se dio entre 22.5086 y 54.6339 mg/100g de muestra. Al optimizar el proceso, la mayor fracción másica y volumétrica se obtuvo a 451.777 mbar y 22.0711 minutos. Este estudio nos da la presión y el tiempo óptimo para obtener mayor solución impregnada.

Capcha y Estacio (2019) en su investigación planteó mejorar los procesos de secado con tecnologías no convencionales con la finalidad de conservar de manera óptima las vitaminas propias del aguaymanto. Aplicó diferentes presiones de vacío (10 a 15 kPa), potencia (50 a 100 W) y temperatura (50 a 55 °C), para evaluar la mayor retención de vitamina C. Para determinar la vitamina C utilizó la técnica por cromatografía líquida de alta performance en función al ácido ascórbico de las muestras de secado a vacío con ultrasonido en el aguaymanto (*Physalis peruviana*). Encontró que los tratamientos que registraron el mayor contenido de vitamina C fueron el T6 y T8 a una presión de vacío de 15 y 10 kPa, a 50 °C a y 50 W de potencia, respectivamente. Este estudio da referencias de la presión que se debe utilizar si se desea obtener un producto con alto contenido de vitamina C.

Saldaña (2020). Indagó el efecto de presión y concentración del ácido ascórbico en la textura y color durante el almacenamiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) impregnado

al vacío. Las muestras se cortaron en rodajas de 1mm de diámetro por 0.5 mm de espesor. Utilizó la proporción de 1g muestra / 10 ml de agua destilada, para el proceso de impregnación empleo 3 presiones de (100, 200 y 400 mbar) y 3 concentraciones de ácido ascórbico (0.3, 0.4, 0.5%) a temperatura de 30°C y tiempo de 25 minutos constantes para ambos. Resultó que la presión (100 mbar) aporta positivamente con la textura, en tanto la concentración de ácido ascórbico se puede utilizar 0.3% y 0.5%, por lo que en ambos casos aumenta la textura, durante el tiempo de almacenamiento se notó un cambio de textura firme a blanda en cada una de las muestras de Aguaymanto. Esta investigación hace referencia a la concentración de ácido ascórbico ideal para conservar la textura en frutas impregnadas al vacío.

Ramírez (2021) impregno sacarina en rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) lo analizó sensorialmente la bebida resultante. Para la impregnación al vacío utilizo rodajas de yacón de 0.3 cm de espesor y 5 cm de diámetro, la relación muestra/solución fue de 1:5, se aplicó por inmersión una disolución elaborada con sacarina y agua destilada, a temperaturas de 20 °C, 25°C, 30 °C y tiempos de 20 min, 22 min y 24 min a presión 452 mbar y concentración de sacarina 1.333 gr. Reporto que para lograr una fracción volumétrica de 15.3172 (m<sup>3</sup> solución/m<sup>3</sup> fruta fresca) y una humedad 92.8659 %, se debe usar una temperatura de 20 °C y un tiempo de 24 min. Esta investigación maximiza la solución impregnada en relación con el tiempo y temperatura haciendo constante a la presión de impregnación, esto ayuda a identificar el tiempo ideal para impregnar la vitamina C en el olluco.

Pompa (2017) determino el efecto de la impregnación a vacío de penca sábila (*Áloe vera*) en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) en la disminución del pardeamiento enzimático. Aplicó por inmersión una disolución elaborada con áloe vera en polvo y agua destilada en proporción de 5 g/ 1000 ml de aloe Gold Seal- Natural 200X, en rodajas de yacón y manzana de 50 mm de diámetro y 5 mm de espesor. Las muestras fueron sometidas a un proceso de impregnación a vacío empleándose 10 tratamientos, utilizando

presiones de (98, 150, 275, 400 y 451.8 mbar) y tiempos de (7, 10, 15, 20 y 22.1 min) a temperatura constante de 30°C. Los resultados para la textura de yacón fue 3.0% a 275 mbar y 15.0 min. Y para manzana fue 4.07738% a 258.598 mbar y 12.323 min, esta investigación especifica el espesor del material a ser impregnado y los parámetros (tiempo y presión) de impregnación que da como resultado mejor textura.

## **2.2. Bases teóricas**

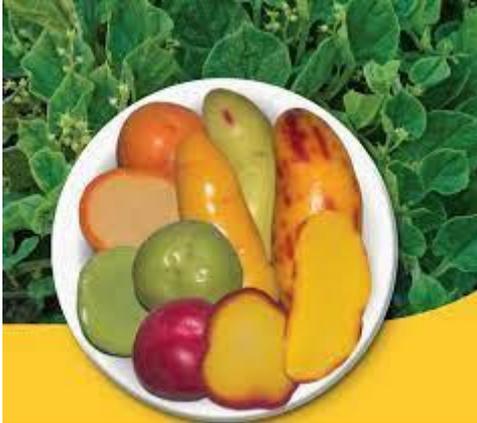
### **2.2.1. Olluco**

El olluco es una planta de origen de los Andes y es científicamente conocida como *Ullucus tuberosus*. Es ampliamente cultivada por sus tubérculos comestibles de colores variados, siendo una importante fuente de alimentación, en países andinos como Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia, en estos países se cultiva y se consume desde tiempos prehispánicos, es considerado como el tubérculo más consumido de la región andina después de la papa cuyo cultivo se ha reducido al uso de menos de 5 cultivares más comerciales, ha sido una importante fuente de alimentación para diversas comunidades. Sus tubérculos tienen un alto valor nutricional rico en carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales. Sin embargo, existe mayor diversidad conservada por familias de agricultores tradicionales fuente de genes de resistencia por su rusticidad, tolerancia a enfermedades, riqueza en carbohidratos, aminoácidos esenciales, alto contenido de vitamina C y efectos profilácticos (Laura et al., 2015).

El olluco se considera altamente perecible por su elevado contenido de agua, 80-90 %. Es apreciado en las familias por su textura suave y muy sedosa con un sabor agradable por lo que hay diversas formas de preparar como en guisos, sopas, ensaladas o simplemente hervido ya que tiene una cáscara muy fina y no necesita ser eliminada. Los tubérculos de olluco pueden llegar a medir entre 2 a 15 cm pueden tener la forma alargada, esféricos o curvados (Pacheco, 2014).

## Figura 1.

### *Formas de olluco*



**Nota:** la imagen muestra las diversas formas del tubérculo de olluco según la variedad. Fuente (Arostegui y Paz, 2020).

**Varietades de olluco.** En el mercado hay diversas variedades de olluco, se han determinado entre 50 y 70, siendo más las reconocidas por los agricultores peruanos las siguientes: (Yavar, 2016).

- Chucchan lisa, de forma alargada y de calidad superior.
- Ckello chuccha, de tubérculos amarillos.
- Muru lisa, de tubérculos rosados y crecimiento precoz.
- Yurac lisa, de tubérculo blanco.
- Bela api chuccha, de tubérculo amarillo - rojizo.
- Puca lisa, de tubérculo rojizo.
- Kita lisa, atoc lisa, kipa ullucu, que son variedades silvestres.

Las variedades más cultivadas en Cajamarca son: sarampión, amarillo, verde pavon y grosella (Yavar, 2016).

## Figura 2.

### *Variedades de olluco*



**Nota:** la imagen muestra las variedades más comunes de olluco cultivado en Cajamarca. Fuente (Yavar, 2016).

**Valor nutricional.** El olluco al igual que todos los tubérculos posee una gran cantidad de humedad, es una fuente rica en carbohidratos por lo que es una fuente importante de calorías, además posee alto contenido de almidón, también contiene vitaminas, minerales, proteína, aminoácidos como: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina, azúcares reductores, y los metabolitos secundarios: flavonoides, taninos, compuestos fenólicos, alcaloides, triterpenos y/o esteroides, betalaínas, betaxantinas y betacianinas, también contiene una considerable cantidad de mucilagos (sustancia viscosa) (Arostegui y Paz, 2020), además alto contenido de vitamina C (23mg/100g) (Marquez, 2019).

**Tabla 1**

*Composición nutricional del olluco en 100 g de muestra seca*

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Calorías	364 a 381 Cal
Proteínas	10 a 16 g
Carbohidratos	72 a 75 g
Fibra	4 a 6 g
Cenizas	3 a 5 g
Grasa	0.6 a 1.5 g
Vitamina C	23 mg
Vitamina A	0.05 mg
Vitamina B6	0.12mg
Vitamina B9	18 µg

*Nota:* la tabla muestra el contenido nutricional del olluco tomado de (Yavar Meza, 2016).

### **2.2.2. Snack**

En Estados Unidos Snack es una palabra que refiere a una pequeña porción ligera de comida que se consume generalmente entre comidas, mientras que en Argentina Snack se refiere a las golosinas que son consumidos mayormente por los niños, estas golosinas tienen un elevado contenido de azúcar, sodio, grasa, etc. y son alimentos industrializados tales como los caramelos, alfajores, chocolate y productos salados como los chizos, papas fritas, palitos, barras de cereal entre otros (Cristóbal, 2008).

Las hojuelas también son consideradas como snacks, su presentación es en láminas muy finas obtenidas al ser fritas en aceite caliente y sal, estas deben producir una cantidad mínima de energía para el consumidor ya que son utilizadas generalmente para satisfacer el hambre de manera temporal o simplemente por gusto o placer (Yaranga, 2019). Para Espinoza et al. (2021) las hojuelas dice ser un producto alimenticio ya sea salado o dulce, extruido o frito, a los cuales

no se han sometido leudantes químicos o biológicos, su presentación es de diversas formas y generalmente es un producto envasado.

**Proceso de obtención.** La obtención de snack de tubérculos generalmente se obtiene a través de la fritura, considerando los parámetros más importantes tales como, la textura, el color y el contenido de aceite. La fritura es una fase culinaria que consiste en cocinar alimentos sumergiéndolos total o parcialmente en aceite a alta temperatura. Este método de cocción se realiza típicamente en una freidora o sartén, y se utiliza en la preparación de mucha variedad de platos en múltiples culturas de todo el mundo. Las temperaturas del fritado oscilan por encima del punto de ebullición del agua entre los 170-190 °C y lo cual provocan un intercambio de calor y masa de forma paralela, el vapor de agua resulta ser en flujos opuestos (burbujas) y el aceite notorio en la superficie del alimento, estas reacciones pueden provocar cambios microestructurales y alteraciones fisicoquímicos en los principales componentes del alimento, en la superficie como en el cuerpo de hojuelas de papa (Yaranga, 2019)

La impresión de la textura son relacionadas con las propiedades crujientes, es considerada un factor importante de calidad en productos como chips y afecta en gran medida la satisfacción del consumidor, la textura es muy importante en los productos fritos ya que se relaciona con el contenido de humedad; el agua actúa debilitando la matriz proteína-almidón, y reduce las interacciones de hidrogeno y fuerzas Van der Waals, extendiendo las interacciones del agua, se pierde cristalinidad por este fenómeno y aumenta la plasticidad (Yaranga, 2019).

### **2.2.3. Vitamina C**

La vitamina C, es una vitamina soluble en agua también conocida como ácido ascórbico, esencial para el adecuado funcionamiento del cuerpo humano, se considera esencial porque el cuerpo humano no puede sintetizarla por sí mismo, por lo tanto debe obtenerse a través de la dieta o algún suplementos, actúa como antioxidante, es fundamental para la síntesis de colágeno, proteína importante ya que forma la estructura básica de la piel, los huesos, los

vasos sanguíneos y otros tejidos conectivos, la insuficiencia de la vitamina C, afecta a la síntesis de colágeno, lo que puede llevar a problemas en la piel y el tejido conectivo, es esencial para el correcto funcionamiento del sistema inmunológico, ya que ayuda a estimular la producción y la función de los glóbulos blancos que ayudan o combaten infecciones y enfermedades (Barra , 2022). La vitamina C, Mejora la absorción de hierro no hemo, una forma de hierro que se encuentra en los alimentos de origen vegetal, como cereales y legumbres; la deficiencia grave de vitamina C conlleva a una enfermedad conocida como escorbuto (Bastías y Cepero, 2016).

La vitamina C se encuentra en una variedad de alimentos, especialmente en frutas cítricas y hortalizas como naranjas, limones y kiwis, fresas, pimientos, brócoli y espinacas, entre otros (Pérez, 2022).

#### ***2.2.4. Impregnación al vacío (IV)***

La impregnación al vacío es también conocida como impregnación por presión reducida, esta técnica se basa en la aplicación de vacío durante el procesamiento de alimentos con la finalidad de mejorar la absorción de líquidos, fundamentalmente soluciones de compuestos bioactivos, en la estructura de los alimentos. Es una técnica que tiene sustento científico y se utiliza para mejorar características sensoriales, funcionales y nutricionales de los alimentos (Duarte et al., 2020).

La impregnación al vacío permite incorporar algún ingrediente en alimentos que contienen una estructura porosa, con la finalidad de mejorar sus propiedades sensoriales y/o funcionales (Fito et al., 2001). Con esta técnica se logra una mayor penetración de los compuestos bioactivos en el interior del alimento, aumentando el contenido nutricional y propiedades que benefician a la salud. Además, la impregnación al vacío mejora la retención de color, sabor y aroma, lo que resulta una presentación de alimentos más atractivos para los consumidores (Fito et al., 2001; Mejía, 2022).

La impregnación al vacío, desde un punto de vista físico, es un proceso en el que un material poroso, como un alimento o un sólido poroso, se somete a un entorno de baja presión (vacío) para facilitar la introducción de un líquido (generalmente soluciones funcionales) en su matriz interna. Este proceso se basa en el principio de desplazamiento de gases o aire en los poros del material por el líquido deseado (Vinod et al., 2024).

La impregnación a vacío utiliza los espacios intercelulares de los alimentos en general y principalmente en los vegetales ya que poseen estructuras altamente compartimentadas, espacios que se encuentran en la parte interior de las matrices alimentarias, que pueden estar llenos de gases, y pueden ser eliminados de las estructuras con la aplicación de presiones negativas de vacío dejando ese espacio libre Fito et al., (1996).

Si el alimento se encuentra inmerso en un medio líquido en el momento en que se restaura la presión atmosférica, ésta actúa como fuerza impulsora y produce la entrada de la disolución en la matriz del alimento ocupando el espacio disponible que fue dejado por los gases y/o líquidos removidos. Basándose en que algunos alimentos tienen la estructura porosa y por ende la existencia de gas obstruido en ésta. Fito et al., (1996), explican el mecanismo que se produce en la impregnación a vacío y que ellos denominaron Mecanismo Hidrodinámico y los fenómenos de deformaciones y relajaciones (HDM-DRP).

La técnica de Impregnación a vacío es una alternativa que se aplica en la industria alimentaria para producir nuevos alimentos funcionales con las siguientes ventajas (Chiralt et al., 1999).

- Cinéticas de transferencia de masa rápidas.
- Mayor ganancia de solutos en tiempos cortos.
- Mejor conservación del color y mejora del mismo en algunos productos.
- Mejora de la textura.

- Conservación del sabor y aroma del producto fresco, al permitir trabajar a bajas temperaturas sin incrementos importantes de tiempo de proceso.

**Mecanismo hidrodinámico.** El mecanismo hidrodinámico en la impregnación al vacío se refiere al proceso por el cual los líquidos penetran en la estructura porosa de un alimento debido a la aplicación de vacío durante la impregnación. Es un fenómeno complejo que involucra fuerzas hidrodinámicas y cambios de presión que facilitan la absorción de líquidos en el interior del alimento (Rojas Gutiérrez, 2015).

Cuando se crea un ambiente de vacío alrededor del alimento, se reducen las presiones en el interior de los poros y espacios intercelulares del alimento. Esta reducción de presión conduce a un desequilibrio entre la presión interna del alimento y la presión externa del líquido de impregnación. Como resultado, se produce una migración de líquidos desde la solución de impregnación hacia los espacios porosos del alimento (Mejía, 2022).

Para Rojas (2015) este mecanismo se lleva a cabo mediante cuatro etapas las que se describen a continuación:

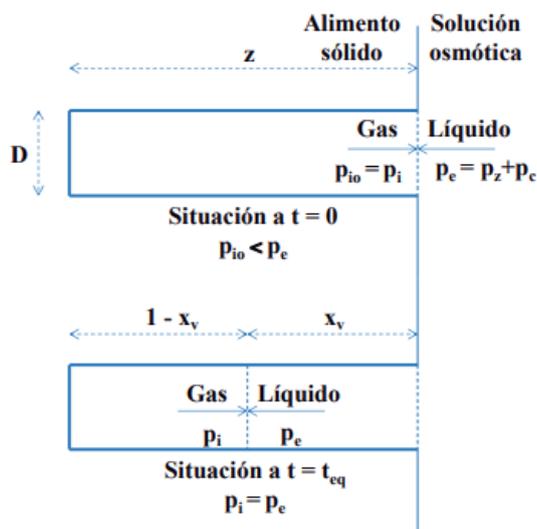
- Etapa 1. La primera etapa comienza cuando el líquido penetra debido a un efecto de capilaridad. El sólido se encuentra inmerso en un líquido que tiene presión atmosférica, la penetración del líquido en los poros es muy pequeña, de esta manera es cuando los poros pequeños succionan el líquido.
- Etapa 2. La presión que se aplica en la cámara es negativa, produciendo que el gas que se encuentra ocluido en los poros se expanda. En ciertos casos, éste puede ser atrapado por el líquido del alimento.
- Etapa 3. Una vez alcanzado el vacío deseado donde se han extraído la mayoría de los gases, se sumerge el líquido o la resina en la cámara. La presión negativa facilita que el líquido fluya hacia los poros del material y lo impregne de manera más

efectiva mediante el mecanismo de capilaridad. La impregnación dependerá mucho de la cantidad de gas que salgan de los poros en función a la presión de trabajo.

- Etapa 4. La presión atmosférica se restaura, lo cual genera una presión potencial en el poro y concede a que la solución entre rápidamente a los poros; por consiguiente, se presenta el mecanismo hidrodinámico resultado de la diferencia de presión externa e interna significando que cierta cantidad del líquido ha sido transportada al interior de un alimento. Esto conlleva a un equilibrio en un tiempo determinado.

**Figura 3.**

*Mecanismo hidrodinámico en un poro ideal*



*Nota:* la figura muestra el mecanismo hidrodinámico de un pro ideal. Fuente (Mejía Aguila, 2022).

Donde:

D: Diámetro del poro

$\sigma$ : Tensión superficial

$\mu$ : Viscosidad del líquido

$z$ : Longitud del poro

Xv: Fracción volumétrica del poro ocupado por líquido

Pc: Presión capilar

P1: Presión inicial del gas en el poro

P2: Presión del sistema externo

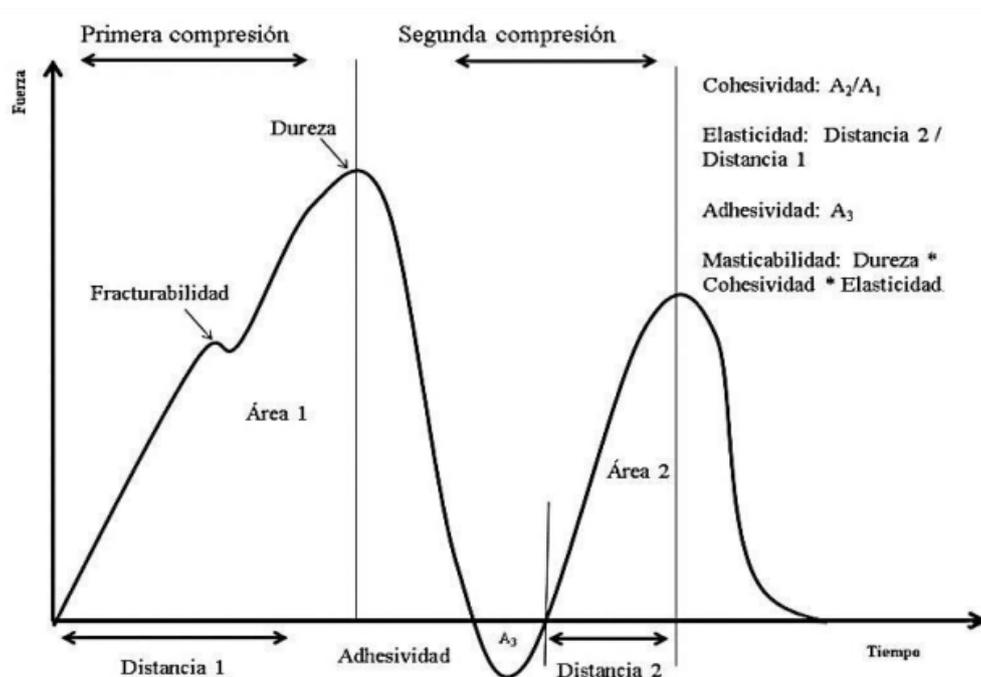
Pi: Presión interna del gas

### 2.2.5. Análisis del perfil de textura

El análisis del perfil de textura en los alimentos es una técnica utilizada que evalúa y cuantifica diversas propiedades sensoriales y mecánicas de los alimentos, la textura es un atributo fundamental para evaluar la calidad y aceptabilidad de los alimentos, entre las características de textura, la dureza es uno de los parámetros más usados para determinar la calidad del alimento en términos de textura, con ello se determina la frescura de un alimento siendo un rasgo clave de los alimentos quebradizos y crujientes (Chen y Opara, 2013).

**Figura 4.**

*Curva típica de TPA*



Con la curva TPA se puede obtener la simulación el esfuerzo que hace la mandíbula al morder, por ello permite conocer el comportamiento de un alimento respecto a la fuerza que se aplica (Torres et al., 2015).

Torres et al. (2015) mencionan que el perfil de textura es un conjunto de propiedades multiparamétricas ya que no tiene una definición precisa, exacta y satisfactoria sin embargo posee ciertas características que no está relacionadas con el gusto o el olor sino que puede estar relacionada más con la reología y la mecánica y que también involucran a un grupo de propiedades físicas que resultan de la estructura del alimento; por lo tanto los parámetros está poco desarrollada respecto a dureza, viscosidad, cohesión,, adhesión y elasticidad y otras sensaciones como de duro, tierno, crujiente, tierno, pegajoso, blandura y gomoso. De este modo conlleva a un cierto problema terminológico que no se plantea palabras aptas para describir una característica de textura tan cual sino a nivel de su definición. En conclusión, el perfil de textura es una practicidad empleada ampliamente en ciertas investigaciones y en la industria, pero sí, se considera una propiedad demasiado complicada para describirla con una sola propiedad física. La textura viene a ser un atributo de calidad para seleccionar ciertos alimentos frescos y procesados ya que requiere de cuidados respecto a la textura para poder ser un producto aceptable para el consumidor y es muy importante conocer factores que influyen esta calidad.

**Mediciones instrumentales de textura.** El análisis del perfil de textura implica a usar un instrumento llamado texturómetro, el cual mide las deformaciones experimentales y fuerzas mecánicas por el alimento mediante la aplicación de una fuerza controlada. La textura es una cualidad muy importante de calidad influyente en hábitos alimenticios, la salud oral y las preferencias de los consumidores; tanto en el procesamiento como en la manipulación de alimentos, tomando como índice de deterioro. Variando según el tipo de alimentos tales como

productos crujientes por lo que es indispensable conocer a través de mediciones hechas por los equipos y pruebas, la textura de manera cuantitativa (Torres et al., 2015).

**Parámetros básicos evaluados durante el análisis de perfil de textura.** Las mediciones instrumentales del perfil de textura en alimentos se llevan a cabo usando un texturómetro, equipo diseñado especialmente para evaluar propiedades mecánicas de los alimentos de forma objetiva y reproducible. Los parámetros comunes que podemos medir con un texturómetro son: dureza, deformación, cohesividad, adhesividad, masticabilidad, fracturabilidad, crocantez, entre otros (Villamizar, 2020).

El texturómetro es un equipo que aplica una fuerza de corte o compresión controlada al alimento y durante el proceso registra la respuesta mecánica. Con los datos registrados se pueden generar un gráfico del perfil de textura, donde muestre cómo varían las fuerzas a lo largo del tiempo o la distancia de penetración. Las mediciones realizadas con instrumentos son fundamentales para la investigación, el control de calidad en la industria alimentaria que nos permite una evaluación objetiva y cuantitativa respecto a la textura de ciertos alimentos ayudando de esta forma a optimizar y comprender sus propiedades funcionales y sensoriales (Torres et al., 2015).

#### ***2.2.6. Análisis de la concentración de vitamina C***

Fang (2017). Refiere que para la determinación de la concentración de vitamina C en alimentos se puede realizar mediante diferentes métodos analíticos, como: determinación iodimétrica, determinación basada en azul de metileno, espectrometría cualitativa y método del indofenol.

**Método del indofenol.** Es un método volumétrico que sirve para determinar la vitamina C especialmente en zumos, usando el reactivo 2,6-diclorofenolindofenol. El ácido ascórbico se determina por valoración con el colorante 2,6-diclorofenolindofenol que es reducido por el ácido ascórbico a una forma incolora en medio ácido. Este método se aplica solo para incoloros

o colores débiles en frutas cítricas que no contienen minerales. El color rojo indica la forma oxidada del reactivo en un medio ácido y la incolora es la forma reducida. Este método no se permite en preparaciones con iones como Fe (II); Sn (II); Cu (I) y  $\text{SO}_3^{2-}$ , etc. y las preparaciones de hígado (Fang, 2017).

### **2.3. Definición de términos**

#### ***2.3.1. Concentración de vitamina C***

La concentración de vitamina C hace referencia a la cantidad de ácido ascórbico (vitamina C) presente en una muestra o sustancia, expresada generalmente en unidades de masa por unidad de volumen (por ejemplo, miligramos por litro, mg/L) o en porcentaje (%) (Fang, 2017).

#### ***2.3.2. Impregnación al vacío***

La impregnación al vacío es una técnica efectiva y versátil que logra una penetración uniforme de soluciones y líquidos en su interior de los alimentos porosos de tal manera enriquece y mejora los términos de características organolépticas y de calidad nutricional (Mejía, 2022).

#### ***2.3.3. olluco***

El olluco (*Ullucus tuberosus*) es una planta que pertenece a la familia Basellaceae originaria de los Andes de América del Sur, específicamente de países como Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador. También es conocido con otros nombres, como papa lisa, ruba o ulluco, sus tubérculos son una fuente rica de carbohidratos, especialmente almidones, y también contienen proteínas, fibra, minerales como calcio, fósforo y hierro, y vitaminas C y A. Estos nutrientes hacen que el olluco sea un alimento importante y valioso en la dieta de las poblaciones andinas (Campos et al., 2018).

#### **2.3.4. Presión de vacío**

La presión de vacío, también conocida simplemente como vacío, es la ausencia de la presión atmosférica en un espacio determinado. Cuando un espacio se encuentra en un estado de vacío, quiere decir que la presión en ese lugar es mucho menor que la presión atmosférica normal al nivel del mar, que es de aproximadamente 101.325 pascales (Pa) o 1 atmósfera (atm) (Mejía, 2022).

#### **2.3.5. Textura**

La textura se refiere a las características mecánicas y estructurales que se perciben al comerlos, como suavidad, dureza, firmeza, cremosidad, crocancia, viscosidad, entre otros. Cada alimento puede tener una textura única que se define por la combinación de su composición, estructura y procesamiento (Torres, 2014).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación

Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Análisis de Alimentos y control de calidad y el laboratorio de frutas y hortalizas 2H-109 de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, de la universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en el Distrito, Provincia y Región Cajamarca, geográficamente se encuentra localizado entre las coordenadas 7° 10' 06" S Latitud Sur y 78° 29' 43" W Longitud Oeste, a una altitud de 2683 msnm

**Figura 5.**

*Ubicación de laboratorio Universidad Nacional de Cajamarca.*



*Nota.* Tomado de Google Maps.

#### 3.2. Materiales

##### 3.2.1. Materia prima e insumos

Olluco de la variedad percala amarillo (*Ullucus tuberosus*), se obtendrá del mercado central de Cajamarca.

### 3.2.2. *Reactivos*

- Acido ascórbico
- Agua destilada
- Ácido clorhídrico
- 2,6 Diclorofenolindofenol
- Aceite vegetal

### 3.2.3. *Equipos*

- Balanza analítica digital marca PRECISA®
- Cocina semi industrial
- Bomba de vacío SARTORIUS® 0-900 mbar
- Texturometro marca BROOKFIELD®

### 3.2.4. *Materiales de laboratorio*

- Bureta
- Matraces Erlenmeyer
- Pipetas
- Placas Petri
- Probetas
- Termómetro
- Vasos de precipitado
- Varilla de vidrio
- Mortero
- Vernier
- Cuchillos de acero inoxidable
- Ollas
- Tablas de picar
- Cronometro
- Bolsa de polipropileno de alta densidad
- Papel filtro

### ***3.2.5. Otros materiales experimentales***

- Guantes látex
- Mascarilla
- Mandil
- Gorro
- Mesa de trabajo de acero  
inoxidable
- Papel toalla
- Alcohol
- USB
- Tijera
- Lapicero
- Cuaderno

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Variables**

##### **Variables independientes**

- Presión de impregnación al vacío (250, 350 y 450 mbar)
- Tiempo de impregnación al vacío (10, 15 y 20 minutos)
- Concentración de vitamina C (0.3, 0,4 y 0.5 %)

##### **Variable dependiente**

- Textura
- Contenido de vitamina C

#### **3.3.2. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos**

El método estadístico corresponde a un diseño estadístico DCA con arreglo factorial  $3^3$  (combinaciones de los factores y de los niveles) en total 27 corridas, donde se realizó un ANOVA para cada parámetro medido, y a continuación, al existir diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual compara los resultados mediante la formación de subgrupos y se determina de esta manera el mejor tratamiento. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software Minitab 18.

Los factores en estudio fueron 3: presión de impregnación al vacío (p), tiempo de impregnación al vacío (t) y concentración de vitamina C (A), cada factor se dividirá en 3 niveles obteniendo los niveles p1, p2, p3, t1; t2, t3, A1, A2 y A3. La combinación de estos niveles da 27 tratamientos para la investigación.

**Tabla 2***Arreglo de los tratamientos*

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>	<b>Combinaciones</b>	<b>Tratamientos</b>
p: presión de impregnación al vacío	p1 250mbar	p1*t1*A1	T1
		p1*t1*A2	T2
		p1*t1*A3	T3
	p2 350mbar	p1*t2*A1	T4
		p1*t2*A2	T5
		p1*t2*A3	T6
	p3 450mbar	p1*t3*A1	T7
		p1*t3*A2	T8
		p1*t3*A3	T9
t: tiempo de impregnación al vacío	t1 10 min	p2*t1*A1	T10
		p2*t1*A2	T11
		p2*t1*A3	T12
	t2 15 min	p2*t2*A1	T13
		p2*t2*A2	T14
		p2*t2*A3	T15
	t3 20 min	p2*t3*A1	T16
		p2*t3*A2	T17
		p2*t3*A3	T18
A: Vitamina C	A1 0.3 %	p3*t1*A1	T19
		p3*t1*A2	T20
		p3*t1*A3	T21
	A2 0.4 %	p3*t2*A1	T22
		p3*t2*A2	T23
		p3*t2*A3	T24
	A3 0.5 %	p3*t3*A1	T25
		p3*t3*A2	T26
		p3*t3*A3	T27

**3.3.3. Procedimiento**

El estudio se realizó con ollucos de variedad percala amarillo, obtenido por compra directa del mercado central de Cajamarca, el proceso de impregnación de la vitamina C se describe a continuación:

- **Selección y clasificación.** Se selecciono 5 kg de olluco sin daños físicos o microbiológico como golpes, magulladuras, pliegues o arrugas, cicatrices y rajaduras.

- **Lavado y desinfección.** El lavado se realizó con agua potable por inmersión y frotamiento de los frutos en agua, de manera que se puedan eliminar sustancias y partículas extrañas. La desinfección se realizó en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm de cloro 5 minutos, a fin de reducir la posible carga microbiana (Saldaña, 2020).
- **Pelado y Cortado.** Se retiró la cascará del olluco, luego se cortó con la ayuda de un rallador de acero inoxidable en forma de rodajas de diámetro 25 a 40 mm y 1 mm de espesor.
- **Reposo y Oreado.** Se dejó en reposo en agua por 2h para eliminar el almidón de las rodajas de olluco y luego se oreó durante 30 minutos.
- **Impregnación a vacío.** Se realizó la impregnación a vacío a diferentes presiones (250, 350 y 450 mbar) y tiempos (10, 15 y 20 minutos), con el líquido de impregnación que comprende a diferentes concentraciones de vitamina C (0.3, 0.4 y 0.5 %) en proporción de 1 g muestra / 10 ml de agua destilada (Saldaña, 2020). Se colocó 3, 4 y 5 g de vitamina C en proporción de 10 g muestra/100 ml de solución.
- **Oreado.** Después de realizar la impregnación las muestras fueron oreadas en papel toalla hasta eliminar el exceso de líquido aproximadamente 30 minutos.

#### **Proceso de obtención de los snacks de olluco**

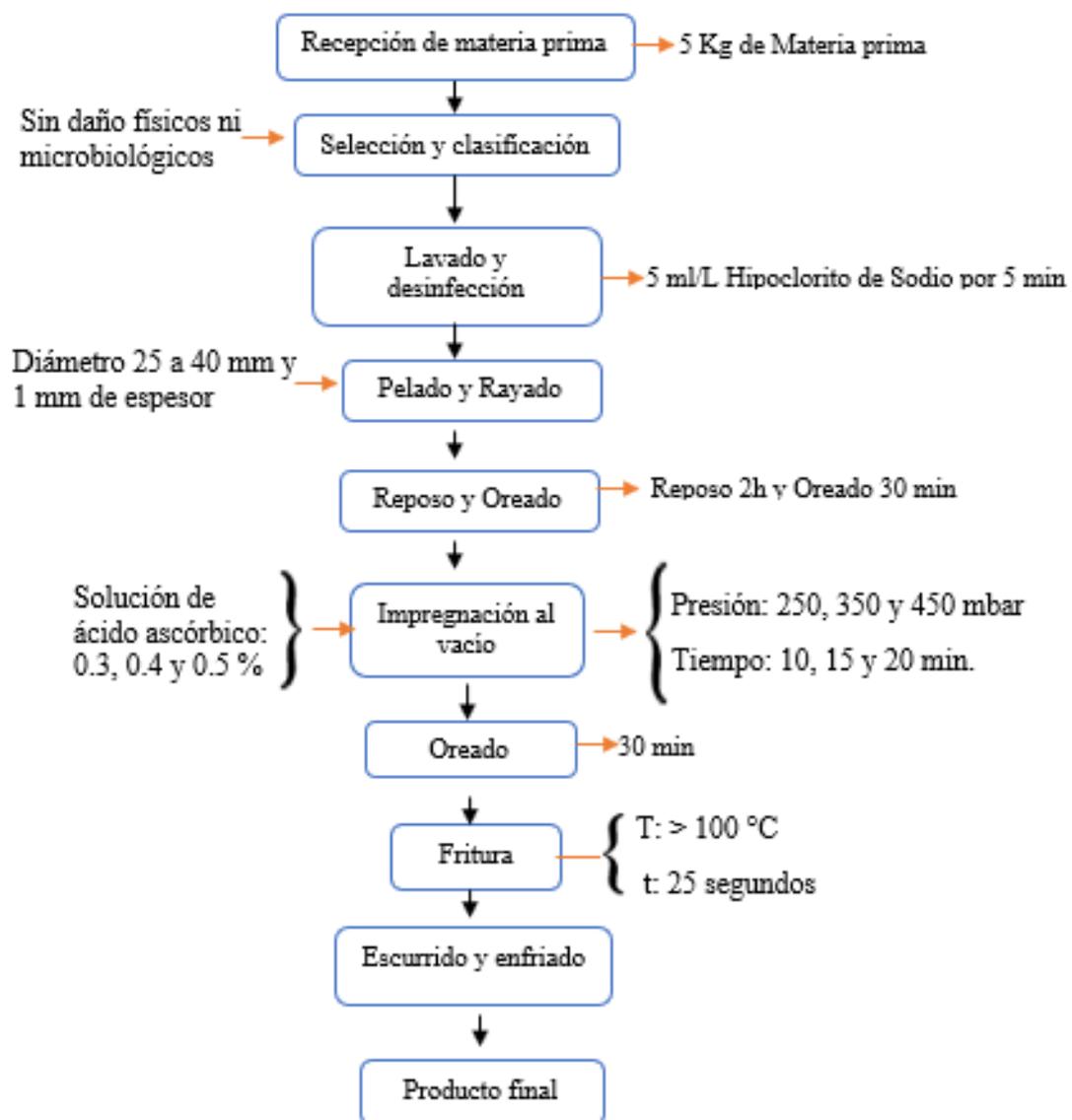
- **Fritura.** Las rodajas de olluco se sumergieron en aceite caliente (temperatura mayor a 100 °C) por un tiempo máximo de 25 segundos, para cocinarlos y obtener la textura crujiente característica, en este proceso, el agua presente en los snacks se evapora, y el aceite se infiltra en la estructura del producto, lo que resulta en un aumento del volumen y la formación de burbujas que contribuyen a la textura crujiente (Victores, 2016).

- **Escurreo y enfriado.** Después de la fritura, los snacks se sacaron del aceite y se dejaron escurrir para eliminar el exceso de grasa, luego, se enfriaron para solidificar la estructura y mejorar la crocancia.

En la figura 6 se muestra el flujograma de los snacks de olluco:

**Figura 6.**

*Flujograma del proceso de impregnación al vacío de vitamina C en snacks de olluco*



*Nota:* la figura muestra el flujo del proceso para obtener los snacks de olluco con vitamina C impregnado al vacío. Fuente: adaptado de Rojas (2015); Saldaña (2020)

### 3.3.4. Evaluación de textura

Para analizar la textura de los snacks de olluco se empleó el texturómetro CT3Texture Analyzer empleando el software TexturePro CT, midiendo la fuerza de ruptura por el método de compresión con el accesorio cilíndrico 2mm /s, los resultados se expresaron en Newton y se tomaron los datos de la dureza (Saldaña, 2020).

### 3.3.5. Determinación de contenido de vitamina C

Método diclorofenolindofenol descrito por (Anastacio y Gambini, 2019). se realizó mediante el método del Diclorofenolindofenol, las muestras se prepararon de la siguiente manera, se pesó 10g de muestra de cada tratamiento, se trituró en un mortero, luego se agregó 5 ml de HCl al 2%, se mezcló durante 15 min, después se agregó 50 ml de agua destilada y se filtró, se extrajo 10 ml del filtrado y se procedió a titular con diclorofenolindofenol hasta obtener un cambio en el color de la muestra, y se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de Vitamina C} = \frac{a * 0.088 * 100 * 100}{V * p}$$

Donde:

a: cantidad de reactivo consumido (ml).

0.088: cantidad de ácido ascórbico (mg) equivalente a 1ml de reactivo

100: constantes de conversión

V: volumen del filtrado (ml)

p: peso de la muestra (g)

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

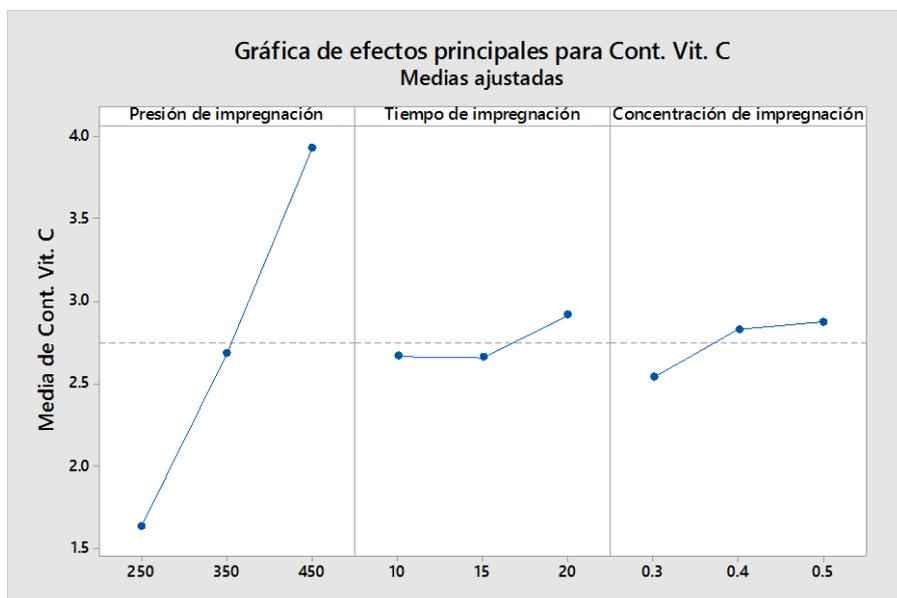
### **4.1. Evaluación del contenido de vitamina C**

Análisis de varianza para el contenido de vitamina C. En la tabla 3 se muestra el análisis de varianza donde se observa alta significación estadística para los factores en estudio presión de impregnación, tiempo de impregnación y concentración de vitamina C de impregnación, puesto que  $p < 0.05$ , lo cual indica que estos factores producen efectos en el contenido de vitamina C en los snacks de olluco y existente diferencias estadísticas para los tratamientos, las interacciones de estos factores no influyen ya que el valor de  $p > 0.05$  es decir no producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas. En la figura 6 se observa los efectos principales de los factores independientes sobre la variable respuesta (contenido de vitamina C en los snacks de olluco), claramente se observa que a medida que aumenta la presión de impregnación se incrementa también la impregnación de vitamina C, mientras que el efecto del tiempo de impregnación produce mínima variación en la impregnación de vitamina C, así mismo la concentración de vitamina C en la solución de impregnación produce mínima variación en el porcentaje de impregnación de vitamina C en los snacks, todos los factores están relacionados directamente a mayor presión, tiempo y concentración de vitamina C en la solución de impregnación mayor es el porcentaje de impregnación de vitamina C.

**Tabla 3***Análisis de varianza para la variable contenido de vitamina C*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: presión de impregnación	2	71.1189	35.5594	225.96	0.000
B: tiempo de impregnación	2	1.1609	0.5805	3.69	0.032
C: concentración de ácido ascórbico	2	1.7948	0.8974	5.70	0.006
AB	4	0.7059	0.1765	1.12	0.356
AC	4	0.1405	0.0351	0.22	0.924
BC	4	0.6447	0.1612	1.02	0.403
ABC	8	2.1304	0.2663	1.69	0.122
Error	54	8.4981	0.1574		
Total	80	86.1942			

R cuadrado 90.14 %

**Figura 7.***Efectos principales para la variable contenido de vitamina C*

*Nota.* La gráfica muestra los efectos principales de los factores en estudio (presión, tiempo y concentración de vitamina C) de manera independiente, donde se observa que el nivel más alto (450 mbar) de presión produce mayor contenido de vitamina C en las muestras, es decir tiene una relación directa ya que el contenido asciende a medida que aumenta la presión en el intervalo de 250 a 450 mbar, así mismo el tiempo de impregnación se relaciona directamente con el contenido de vitamina C, con 20 minutos de impregnación se obtiene mayor contenido de vitamina C, finalmente los efectos de la temperatura son significativos en el contenido de vitamina C en los snacks, lo cual aumenta cuando la concentración es mayor.

**4.1.1. Pruebas de comparaciones múltiples para el factor presión de impregnación respecto al contenido de vitamina C en los snacks de olluco.**

**Tabla 4**

*Pruebas de HSD tukey para el factor presión de impregnación, para la variable contenido de vitamina C, confianza de 95%*

<b>Presión de impregnación (mbar)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
450	27	3.92889	A
350	27	2.68111	B
250	27	1.63667	C

La tabla 4 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias entre los tratamientos, y determinar la presión de impregnación con mejores resultados con respecto al contenido de vitamina C en los snacks de olluco. Para ello se agrupó en tres grupos A, B y C, se observa que las medias de concentración de vitamina C son estadísticamente diferentes ya que pertenecen a grupos diferentes, siendo la presión 450 mbar la que mayor contenido de vitamina C para todos los tratamientos demostró con una media 3.93 %, por tanto, es superior estadísticamente a los demás tratamientos, evidenciando menor valor de contenido de vitamina C para las muestras con presión de impregnación 250 mbar con una media de 1.64 %. Estos resultados coinciden con lo reportado por Duarte-Correa,

et al. (2020) quienes encontraron que la mayor retención de vitamina C se obtuvo cuando la presión de impregnación fue mayor. Así mismo, Capcha y Estacio (2019) reportaron mayor contenido de vitamina C (60.03 mg /100 g) a una presión de 15 kPa a diferencia de 10 kPa que solo alcanzo a retener en promedio 58 mg / 100 g en aguaymanto deshidratado en condiciones de vacío y ultrasonido. Sin embargo, los valores de vitamina C en los snacks de ollucos fue mucho menor en comparación con resultados de otros autores, esto posiblemente se debe a que después de la impregnación de vitamina C los snacks pasaron por un proceso de fritura a temperaturas por encima de 170 °C, además este proceso se llevó a cabo en aceite, por tanto, la vitamina C fue afectada por estas condiciones ya que es un componente termolábil que se descompone fácilmente al ser sometido a altas temperaturas, al igual que al someterlo a fritura con aceite pudo sufrir pérdida por lixiviación (Ikanone y Oyekan, 2014).

**4.1.2. Pruebas de comparaciones múltiples para el factor tiempo de impregnación respecto al contenido de vitamina C en los snacks de olluco.**

**Tabla 5**

*Pruebas de HSD tukey para el factor tiempo de impregnación, para la variable contenido de vitamina C, confianza de 95%*

<b>Tiempo de impregnación (minutos)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
20	27	2.91815	A
10	27	2.66778	A
15	27	2.66074	A

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos con la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor tiempo de impregnación en la concentración de vitamina C de los snacks de olluco, para determinar el mejor tiempo de impregnación, y se observa que todos los tratamientos pertenecen a un solo grupo (A) lo cual indica que no hay diferencias estadísticas entre ellos. Siendo el tratamiento

con 20 minutos de impregnación de vitamina C superior estadísticamente, ya que tiene mayor concentración de vitamina C con una media de 2.92 %, mientras que el tratamiento con 15 minutos presenta menor concentración con una media de 2.66 % de vitamina C. Estos resultados coincide con lo reportado por algunos autores como Mierzwa et al. (2022) quienes señalan que durante el proceso de impregnación, la vitamina C se dispersa a través del material del snack, y el tiempo de impregnación determina cuánto tiempo tiene la vitamina C para absorberse y difundirse a través de la matriz del snack, un tiempo de impregnación más prolongado puede permitir una mejor absorción y distribución de la vitamina C en todo el snack. Por otro lado, Ikanone y Oyekan (2014) mencionan que, a medida que aumenta el tiempo de impregnación, la cantidad de vitamina C que se acumula dentro de la matriz del snack también aumenta, esto se debe a que hay más tiempo para que las moléculas de vitamina C se difundan y se distribuyan a través de la estructura del snack hasta que se alcanza un equilibrio entre la concentración de vitamina C en la solución y en el snack. Así mismo, con un tiempo de impregnación prolongado, la vitamina C tiene más oportunidades de interactuar y unirse a los componentes del snack, lo que puede aumentar su retención dentro de la matriz del producto final. Por otro lado, Rojas (2015) menciona que la cantidad de líquido impregnado depende de las características del alimento, además el tiempo juega un papel importante, debido a que influye en el intercambio de solutos, la ganancia de sólidos es mayor cuando el tiempo de impregnación aumenta.

**4.1.3. Pruebas de comparaciones múltiples para el factor concentración ácido ascórbico en la dilución de impregnación respecto al contenido de vitamina C en los snacks de olluco.**

**Tabla 6**

*Pruebas de HSD tukey para el factor concentración de vitamina C, para la variable contenido de vitamina C, confianza de 95%*

<b>Concentración de vitamina C (g)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
0.5	27	2.87593	A
0.4	27	2.83074	A
0.3	27	2.54000	B

La tabla 6 se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor concentración de vitamina C, para determinar la mejor concentración de impregnación de vitamina C en los snacks de olluco, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por los tratamientos con (0.5 y 0.4 % de vitamina C) y el grupo B está conformado por el tratamiento con 0.3 % de vitamina C. Como se observa los tratamientos de 0.4 y 0.5 % de vitamina C comparten el mismo grupo, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo el tratamiento con concentración 0.5 % de vitamina C el que tiene mayor media 2.88 % de vitamina C en las muestras, mientras que el tratamiento de 0.3 % es estadísticamente diferente de los otros tratamientos con una media de 2.54 % de contenido en vitamina C. Sittisuanjik (2020) menciona que una mayor concentración en la solución de impregnación puede crear un gradiente de concentración más alto entre la solución y la matriz del material del alimento, esto puede promover una mayor difusión del soluto hacia el interior del alimento, lo que resulta en una mayor incorporación de soluto en el producto final, esto explica el mayor contenido de vitamina C en los snacks de olluco, la mayor concentración de ácido ascórbico

en la solución de impregnación puede tener una mayor capacidad para transportar y absorber la vitamina C en la matriz del snack, lo cual permite una impregnación más efectiva de la vitamina C en el producto, lo que se refleja en un mayor contenido de vitamina C en el snack final tal como se observa en la tabla 6. De manera similar Saldaña (2020) encontró mejores resultados para concentraciones entre 0.3 y 0.5 % de ácido ascórbico en la impregnación al vacío en aguaymanto.

Al optimizar el proceso el mayor contenido de vitamina C que se logra es de 2.88 y esto se obtiene a una presión de impregnación de 450 mbar, con 20 minutos de impregnación y 0.5 % de concentración de vitamina C en la dilución de impregnación (Tabla 7). La finalidad de maximizar el contenido de vitamina C en los snacks se debe a que hoy en día los consumidores buscan alimentos con alto contenido nutricional, es bien sabido que la vitamina C es fundamental para el sistema inmunológico, la síntesis de colágeno, la absorción de hierro y la protección celular frente al estrés oxidativo (Bastías y Cepero, 2016). Incorporarla en snacks mejora el perfil nutricional del producto, haciéndolo más atractivo para consumidores interesados en alimentos funcionales o saludables.

**Tabla 7**

*Optimización para contenido de vitamina C en los snacks de olluco*

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Presión de impregnación	250.0	450.0	450.0
Tiempo de impregnación	10.0	20.0	20.0
Concentración de vitamina C	0.3	0.5	0.5

## 4.2. Evaluación de la textura

La textura en snacks a menudo se describen en términos de dureza, siendo un parámetro muy importante en la calidad del producto terminado, los valores de dureza de los snack de olluco oscilaron entre 0.53 a 5.25 N, estos valores están por debajo de los reportados por Duarte et al. (2020) para chips de papa que alcanzaron valores entre 7 y 9 N, mientras que Derossi et al. (2021) encontraron valores inferiores en snacks de manzana que va entre 0.62 y 0.95 N; estas diferencias probablemente se debe a la composición de cada producto ya que en esta investigación se trabajó con olluco, el material estructural y los componentes varía de un producto a otro; por ejemplo Trejo et al. (2019) mencionan que las propiedades de textura en producto a base de almidón se ve influenciado por la gelatinización del almidón, el contenido de azúcar y la resistencia de la pared celular. Por otro lado, en la tabla 7 se muestra que no hubo diferencias significativas para los factores en estudio, puesto que  $p > 0.05$ , lo cual indica que estos factores no afectan significativamente a la variable textura (dureza) de los snacks de olluco, de la misma manera las interacciones de estos factores no influyen ya que el valor de  $p > 0.05$  es decir no producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas. Estos resultados coincide con Duarte et al. (2020) ya que no hallaron diferencias significativas para las condiciones de impregnación de vitamina E y vitamina C en chips de papa, lo cual atribuyen al contenido de almidón y la humedad final del producto ya que contribuyen con la formación de la textura del producto final. Así mismo Saldaña (2020) no encontró diferencias significativas para la concentración de ácido ascórbico y presión en la textura de aguaymanto impregnado al vacío, así mismo hace referencia que durante el proceso de impregnación la textura puede sufrir una disminución, haciendo que el material del alimento se vuelva más blando. De la misma manera Derossi et al. (2019) no encontraron diferencias significativas para ninguna variable independiente en el proceso de impregnación en snacks de manzana.

**Tabla 8***Análisis de Varianza para la variable textura (dureza)*

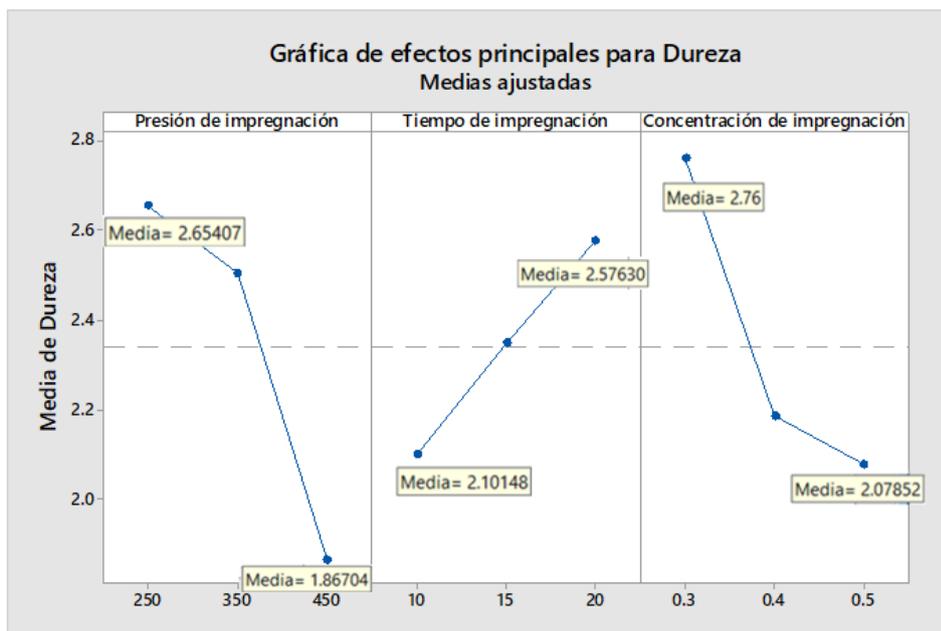
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
A: presión de impregnación	2	9.436	4.7181	2.93	0.062
B: tiempo de impregnación	2	3.045	1.5226	0.94	0.395
C: concentración de Vitamina C	2	7.237	3.6186	2.25	0.116
AB	4	2.532	0.6329	0.39	0.813
AC	4	13.199	3.2996	2.05	0.101
BC	4	5.750	1.4375	0.89	0.475
ABC	8	10.581	1.3226	0.82	0.588
Error	54	87.005	1.6112		
Total	80	138.784			

En la figura 8 se observa los efectos de los factores en estudio, cuando la presión de impregnación es menor, mayor es la textura, con lo referente al tiempo se observa que cuando el proceso de impregnación dura 20 minutos se tiene mayor dureza en los snacks alcanzando valores de 2.5 N en promedio, con respecto a la concentración de Vitamina C la menor concentración 0.3 % es la que la confieren mayor dureza en los snacks en un intervalo de 2.76 N. Resultados similares reportó Saldaña (2020) atribuyendo los mejores resultado en lo que concierne a la dureza de aguaymanto para concentraciones de 0.3 y 0.5 de ácido ascórbico, mientras que resultados opuestos encontró Pompa (2017) para snacks de manzana, con referente a la presión menciona que al aplicar 150 mbar la textura disminuye en un 3.6 % mientras que al aplicar 400 mbar la textura asciende en 3.8 %. Sin embargo, otros estudios revelan que cuando se aplica una presión alta durante la impregnación, los ingredientes pueden

compactarse más y formar una estructura más densa, esto puede resultar en una textura más suave y menos porosa en el producto final. En función a los efectos del tiempo de impregnación coincide con esta investigación ya que al aplicar 10 minutos de proceso la textura disminuye en 2.10 % y con 20 minutos aumenta en un 2.57 %; y explica que este fenómeno ocurre por la ruptura celular, principalmente, en la superficie del tejido vegetal, lo que se traduce en una mayor rugosidad, encogimiento superficial y formación de capas dependiendo del soluto impregnado. Por otro lado, durante el proceso de impregnación, los snacks absorben líquidos y sabores que afectan su textura final, un menor tiempo de impregnación puede limitar la cantidad de líquido absorbido por los snacks, esto puede resultar en una textura más firme y menos húmeda, ya que el producto final retiene más de su estructura original.

**Figura 8.**

*Efectos principales para la variable dureza*



*Nota.* La gráfica muestra los efectos principales de los factores en estudio (presión, tiempo y concentración de ácido ascórbico) de manera independiente sobre la textura, donde se observa que la dureza disminuye a medida que la presión aumenta, pero estos efectos no son significativos lo cual indica que no hay diferencia entre los niveles empleados. De igual manera

ocurre con la concentración de ácido ascórbico, la dureza disminuye cuando este aumenta. Mientras que el comportamiento de la dureza es directamente proporcional con el tiempo de impregnación.

Al optimizar el proceso la menor dureza que se logra es de 0.05 N y esto se obtiene a una presión de impregnación de 450 mbar, con 20 minutos de impregnación y 0.5 % de concentración de vitamina C en la dilución de impregnación (Tabla 9). La finalidad de minimizar la dureza de los snacks se debe a que los consumidores suelen preferir snacks con una textura crujiente, suave o moderadamente firme, dependiendo del tipo de producto (Torres et al., 2015). Una dureza excesiva puede hacer que el producto sea difícil de morder o masticar, generando rechazo.

Minimizar la dureza en snacks es clave para garantizar una textura atractiva, aumentar la aceptación del producto y ampliar su mercado objetivo. Este aspecto es especialmente importante en productos saludables o fortificados, donde los consumidores buscan una combinación de beneficios nutricionales y características sensoriales agradables (Chen y Opara, 2013).

## **Tabla 9**

### *Optimización de la variable textura (dureza)*

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Presión de impregnación	250.0	450.0	450.0
tiempo de impregnación	10.0	20.0	20.0
porcentaje de vitamina C	0.3	0.5	0.5

## V. CONCLUSIONES

- El contenido de vitamina C en los snacks de olluco estuvo significativamente influenciado por los factores estudiados ( $p < 0.05$ ). Las muestras impregnadas a una presión de 450 mbar presentaron el mayor contenido de vitamina C, con un promedio de 3.93 %. Por otro lado, los tratamientos con un tiempo de impregnación de 20 minutos alcanzaron un promedio de 2.92 %, mientras que las muestras con una concentración de vitamina C del 0.5 % obtuvieron un promedio de 2.88 %. Estos resultados destacan la relevancia de la presión, el tiempo y la concentración de impregnación en el contenido de vitamina C en los snacks de olluco.
- La concentración de vitamina C en la solución de impregnación no presentó un efecto significativo sobre la textura (dureza) de los snacks de olluco, según el análisis estadístico realizado ( $p > 0.05$ ). El valor promedio de dureza observado fue de 2.76 N, siendo este el más alto en las muestras tratadas con una concentración de vitamina C del 0.2 %. Estos resultados sugieren que la variación en la concentración de vitamina C no altera de manera sustancial las propiedades texturales del producto.
- La presión de impregnación no tuvo un efecto significativo sobre la textura (dureza) de los snacks de olluco, de acuerdo con el análisis estadístico realizado ( $p > 0.05$ ). La dureza de los snacks se encontró en un rango de 1.87 N a 2.65 N, siendo el valor más bajo obtenido a una presión de 450 mbar y el más alto a 250 mbar. Estos resultados indican una relación inversa entre la presión de impregnación y la dureza del producto final, donde una menor presión de impregnación resulta en una mayor dureza en los snacks.
- El tiempo de impregnación no mostró un efecto significativo sobre la textura (dureza) de los snacks de olluco, según los resultados del análisis estadístico ( $p > 0.05$ ). Los valores

de dureza oscilaron entre 2.10 N y 2.58 N, identificándose el tiempo de 10 minutos como el más adecuado, ya que proporcionó la mejor calidad textural en los snacks. Estos hallazgos sugieren que, dentro del rango estudiado, el tiempo de impregnación no tiene una influencia determinante sobre la dureza del producto final.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Comparar los snacks de olluco sin impregnación con los snacks con impregnación y establecer las diferencias en el contenido de vitamina C y textura.
- utilizar presiones cercanas a 250 mbar durante el proceso de impregnación, ya que esta condición maximiza el contenido de vitamina C en los snacks de olluco, mejorando la calidad del producto.
- Aplicar el método de impregnación de vitamina C a otros tubérculos deficientes de este componente para determinar si tiene efectos positivos sobre la fortificación de estos productos.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Abalos, R. A., Naef, E. F., Aviles, M. V., y Gómez, M. B. (2020). Vacuum impregnation: A methodology for the preparation of a ready-to-eat sweet potato enriched in polyphenols. *LWT*, *131*(April), 109773. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109773>
- Anastacio Juarez, J. L., y Gambini Arroyo, R. A. (2019). Efecto del Escaldado en la Estabilidad fisicoquímica y Sensorial de Compota de Prunus Persica y Solanum sessiliflorum. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Del Santa. Perú*, *45*(45), 95–98.
- Arostegui Acostupa, J., y Paz Rimari, J. (2020). Ullucus tuberosus Caldas : Revisión de un Tubérculo Andino de Interés Nutraceutico. *Trabajo de Pregrado, Universidad Maria Auxilladora. Perú*, *28*. <https://hdl.handle.net/20.500.12970/351>
- Barra Flores, J. C. (2022). Actividad antioxidante, polifenoles totales y vitamina C del zumo de noni (Morinda Citrifolia L.) obtenido por prensado neumático provenientes de la Provincia de Satipo. *Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Loa Andes*, 8–52. <https://orcid.org/0000-0003-1703-1172>
- Bastías M, J. M., y Cepero B, Y. (2016). La vitamina C como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, *43*(1), 81–86. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100012>
- Bernardino, A. V. S., Rocha, N. S., Silva, E. M. da, Medeiros, R. A. B. de, Silva Júnior, E. V. da, Shinohara, N. K. S., Cortez, N. M. dos S., y Azoubel, P. M. (2021). Effect of ultrasound on cell viability and storage of dehydrated jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.) impregnated with Lactobacillus casei. *LWT*, *139*(October 2020), 110790. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110790>
- Calderon Huaman, C. A., y Peceros Suñi, A. S. (2023). Valor Nutricional, Digestibilidad In Vitro y Características Sensoriales de Sopa Deshidratada a Base de Champiñones y Olluco (Ollucus tuberosus). *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Del Centro Del Perú*.

Perú.

- Campos, D., Chirinos, R., Gálvez Ranilla, L., y Pedreschi, R. (2018). Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 84). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2017.12.005>
- Capcha Fabian, G. L., y Estacio Laguna, R. (2019). Evaluación del Contenido de Vitamina C y Carotenos en el Secado de Aguaymanto (*Physalis Peruviana*) en Condiciones de Vacío y Ultrasonido. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Perú.*
- Chen, L., y Opara, U. L. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods - A review. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 497–507. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.028>.
- Cristóbal, S. E. (2008). Consumo de Productos Snacks en Niños de 4º, 5º y 6º grado de la EPB. *Universidad de Fasta*, 78. [http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/599/2008\\_n\\_120.pdf?sequence=1](http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/599/2008_n_120.pdf?sequence=1)
- Derossi, A., Francavilla, M., Monteleone, M., Caporizzi, R., y Severini, C. (2021). From biorefinery of microalgal biomass to vacuum impregnation of fruit. A multidisciplinary strategy to develop innovative food with increased nutritional properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 70(January), 102677. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102677>
- Duarte-Correa, Y., Díaz-Osorio, A., Osorio-Arias, J., Sobral, P. J. A., y Vega-Castro, O. (2020a). Development of fortified low-fat potato chips through Vacuum Impregnation and Microwave Vacuum Drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 64(February), 102437. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102437>
- Duarte-Correa, Y., Díaz-Osorio, A., Osorio-Arias, J., Sobral, P. J. A., y Vega-Castro, O. (2020b). Development of fortified low-fat potato chips through Vacuum Impregnation

- and Microwave Vacuum Drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 64(December 2019), 102437. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102437>
- Duarte-Correa, Y., Granda-Restrepo, D., Cortés, M., y Vega-Castro, O. (2020). Potato snacks added with active components: effects of the vacuum impregnation and drying processes. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4), 1523–1534. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04188-5>
- Espinoza C., K., Roldan A., D., y Martínez O., N. (2021). Elaboración de Snack Extruido a Partir de Cereales y Concentrado de Proteína de Pota (*Dosidicus Gigas*) y Determinación de su Vida Útil. *Anales Científicos*, 82(1), 180. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i1.1755>
- Fang, Z. (2017). Métodos analíticos para la determinación de vitamina C en alimentos Autor : Zhongwei Fang Índice Resumen. *Trabajo de Pregrado, Universidad Complutense*. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ZHONGWEI FANG.pdf>
- Fito, P., Chiralt, A., Barat, J. M., Andrés, A., Martínez-Monzó, J., & Martínez-Navarrete, N. (2001). Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 297–302. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00226-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00226-0)
- Geng, M., Feng, X., Wu, X., Tan, X., Liu, Z., Li, L., Huang, Y., Teng, F., & Li, Y. (2023). Encapsulating vitamins C and E using food-grade soy protein isolate and pectin particles as carrier: Insights on the vitamin additive antioxidant effects. *Food Chemistry*, 418(March), 135955. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135955>
- Ikanone, C. E. O., & Oyekan, P. O. (2014). Effect of Boiling and Frying on the Total Carbohydrate, Vitamin C and Mineral Contents of Irish (*Solanun tuberosum*) and Sweet (*Ipomea batatas*) Potato Tubers. *Nigerian Food Journal*, 32(2), 33–39. [https://doi.org/10.1016/s0189-7241\(15\)30115-6](https://doi.org/10.1016/s0189-7241(15)30115-6)
- Laura, R., Flores, J., Huaman, D., Riseman, A., Jovel, E., y Blas, R. (2015). Diversidad de cultivares locales de olluco (*Ullucus tubersus* C.) de la región de Cusco. *Segundo*

*Congreso Peruano de Mejoramiento Genético y Biotecnología Agrícola*, 45–48.  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35940383/2do\\_congreso\\_genetica\\_peru.pdf?1418507508=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSeleccion\\_de\\_plantas\\_promisorias\\_de\\_camu.pdf&Expires=1612144799&Signature=AgVa4zEXQgzmjzMORo1nS08H5IKw028LVmDEFihwu](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35940383/2do_congreso_genetica_peru.pdf?1418507508=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSeleccion_de_plantas_promisorias_de_camu.pdf&Expires=1612144799&Signature=AgVa4zEXQgzmjzMORo1nS08H5IKw028LVmDEFihwu)

Lucas Franco, B., Greque de Morais, M., Duarte Santos, T., y Vieira Costa, J. A. (2018). Spirulina for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. *Lwt*, 90(August 2017), 270–276. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.032>

Marquez mendoza, H. C. (2019). Composición Nutricional y de Mucílago de Tres Variedades de Olluco (*Ullucus tuberosus* Loz.) para la Obtención de Chuño de Olluco en el Distrito de Santo Tomás - Cusco. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco. Perú*, 1–60.

Mejía Aguila, R. A. (2022). Impregnación al vacío de fructooligosacáridos de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp y Endl.) en manzana. *Tesis de Pregado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú*. [www.lamolina.edu.pe/posgrado](http://www.lamolina.edu.pe/posgrado)

Mierzwa, D., Szadzińska, J., Gapiński, B., Radziejewska-Kubzdela, E., y Biegańska-Marecik, R. (2022). Assessment of ultrasound-assisted vacuum impregnation as a method for modifying cranberries' quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 89(August), 106117. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106117>

Pacheco Figueroa, A. I. (2014). Optimización de parámetros físicoquímicos y organolépticos en el olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) mínimamente procesados. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*, 154. [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/931/TesisAI142\\_Pac.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/931/TesisAI142_Pac.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Pérez Narváez, M. T. (2022). Actividad física, estado nutricional y consumo de frutas y verduras del personal de la Unidad Educativa Diocesana “Bilingüe” de la ciudad de Ibarra. 2021. *Tesis de Posgrado. Universidad Técnica Del Norte Instituto De Posgrado Maestría En Nutrición Y Dietética.*
- Pompa Malca, L. I. (2017). Efecto de la Impregnación al Vacío de Penca Sábila (Áloe vera) Deshidratado en Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y Manzana (*Malus doméstica*) en la Disminución del Pardeamiento Enzimático. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.*
- Ramirez Arana, Y. A. (2021). “Impregnación De Sacarina En Rodajas De Yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) Y Análisis Sensorial De La Bebida Resultante.” *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.*
- Rojas Gutiérrez, E. L. (2015). Optimización de la Incorporación de Aloe Vera en Yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. y Endl.) Mediante Impregnación a Vacío. *Universidad Nacional Agraria La Molina.* <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2599>
- Saldaña Cuzco, S. (2020). “Efecto de las Presiones y concentraciones de Ácido Ascórbico en el Color y Textura durante el Almacenamiento del Aguaymanto(*Physalis peruviana*L.) Impregnado al Vacío”. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Perú, 70.*
- Sittisuanjik, K. (2020). Optimization of Vacuum Impregnation for Development of Functional Dried Fruit. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 5(1), 90–96. <https://core.ac.uk/download/pdf/235085111.pdf> website: <http://www.kemkes.go.id> <http://www.yankes.kemkes.go.id/assets/downloads/PMK> No. 57 Tahun 2013 tentang PTRM. [https://www.kemenpppa.go.id/lib/uploads/list/15242-profil-anak-indonesia\\_-2019.pdf](https://www.kemenpppa.go.id/lib/uploads/list/15242-profil-anak-indonesia_-2019.pdf)
- Tian, J., Chen, S., Shi, J., Chen, J., Liu, D., Cai, Y., Ogawa, Y., y Ye, X. (2017). Microstructure

- and digestibility of potato strips produced by conventional frying and air-frying: An in vitro study. *Food Structure*, 14(June), 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2017.06.001>
- Trejo-Escobar, D. M., Cortés, M., y Mejía-España, D. F. (2019). Influencia de Proceso de Fritura al Vacío Sobre la Calidad de Chips de Papa Nativa, Variedad Botella Roja. *Información Tecnológica*, 30(5), 67–80. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500067>
- Torres, J., González, K., y Acevedo, D. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. *ReCiTeIA*, 14(2), 63–75. [https://www.researchgate.net/publication/283352303\\_Analisis\\_del\\_Perfil\\_de\\_Textura\\_en\\_Frutas\\_Productos\\_Carnicos\\_y\\_Quesos](https://www.researchgate.net/publication/283352303_Analisis_del_Perfil_de_Textura_en_Frutas_Productos_Carnicos_y_Quesos).
- Victores Mera, J. C. (2016). Estudio de Factibilidad para la Creación de una Microempresa Elaboradora de Snacks de Papa China en la Ciudad de Manta Durante el Año 2016. *Tesis de Pregrado, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabi. Ecuador*. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i0.529>
- Vinod, B. R., Asrey, R., Sethi, S., Menaka, M., Meena, N. K., y Shivaswamy, G. (2024). Recent advances in vacuum impregnation of fruits and vegetables processing: A concise review. *Heliyon*, 10(7), e28023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28023>
- Yaranga, R. (2019). *Efecto de la temperatura de escaldado y frito en el contenido de acrilamida de papa nativa, oca y mashua amarilla*.
- Yavar Meza, Y. H. (2016). Efecto del Empacado en las Características Sensoriales y Fisicoquímicas del Olluco (*Ullucus tuberosus*) Entero al Estado Fresco. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de La Sela. Perú*, 101.

## Anexos

### Anexo 1. Datos experimentales

<b>Presión de impregnación</b>	<b>Tiempo de impregnación</b>	<b>Concentración de ácido ascórbico</b>	<b>Promedio Contenido de vitamina C</b>	<b>Promedio Textura (dureza)</b>
350	15	0.5	2.89	2.14
250	10	0.4	1.69	2.50
250	20	0.5	1.86	2.66
250	20	0.3	1.73	3.03
450	15	0.3	3.79	2.66
350	20	0.3	2.78	4.02
450	10	0.3	3.74	1.84
350	15	0.3	2.29	3.90
450	20	0.4	4.22	1.04
350	15	0.4	2.50	1.71
350	20	0.5	2.90	2.05
450	15	0.4	4.09	1.97
350	20	0.4	2.99	2.71
250	20	0.4	1.73	2.64
450	20	0.3	3.67	2.85
250	15	0.3	1.63	2.17
350	10	0.4	2.65	3.29
450	20	0.5	4.39	2.19
450	15	0.5	3.26	1.37
250	10	0.5	1.71	3.48
350	10	0.5	2.79	0.57
450	10	0.5	4.29	1.45
250	15	0.5	1.79	2.80
350	10	0.3	2.34	2.16
450	10	0.4	3.91	1.42
250	15	0.4	1.70	2.41
250	10	0.3	0.89	2.20

## **Anexo 2. Acido Ascórbico (Vitamina C).**

**Palabras clave: ácido ascórbico, EP/E300/USP42/FCC, GMP/KOSHER/HALAL, 1 kg/cartón**

**Nº CAS: 50-81-7**

**Fórmula molecular: C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>**

**Otro nombre: ácido ascórbico, ácido L-ascórbico, vitamina C, ácido L(+)-ascórbico**

El ácido ascórbico es una vitamina natural soluble en agua (vitamina C). El ácido ascórbico es un potente agente reductor y antioxidante que funciona en la lucha contra las infecciones bacterianas, en las reacciones desintoxicantes y en la formación de colágeno en el tejido fibroso, los dientes, los huesos, el tejido conectivo, la piel y los capilares. La vitamina C, que se encuentra en los cítricos y otras frutas, y en las verduras, no puede ser producida ni almacenada por los seres humanos y debe obtenerse en la dieta.

Nº CAS:50-81-7

Especificación de calidad: EP, E300, USP42, FCC

Certificado: GMP, Kosher, Halal, ISO

### Anexo 3 Panel fotográfico



**Lavado del olluco**



**Acondicionamiento del olluco**



**Proceso de cortado**



**Preparación de la dilución de impregnación**



**Proceso de impregnación al vacío**



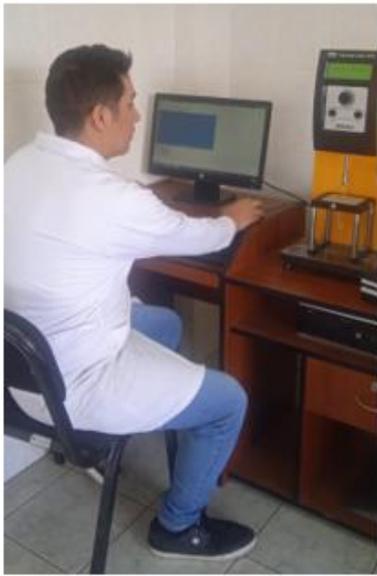
**Equipo de impregnación al vacío**



**Muestras impregnadas al vacío**



**Obtención de snacks de olluco**



**Análisis de textura**



**Análisis de vitamina C**