



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Escuela de Posgrado**

**Desarrollo de una lámina comestible a base de pulpa de *Smilax sonchifolius*  
"yacón" para su evaluación fisicoquímica y sensorial**

**Tesis**

**Para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias de los Alimentos**

**Autor**

**Fernando Daniel Lopez Leon**

**Asesor**

**Dr. Fredesvindo Fernández Herrera**

**Huacho – Perú**

**2024**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales.

**Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

*(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)*

*Indicar nombre de la Facultad/Escuela o Escuela de Posgrado*

## METADATOS

<b>DATOS DEL AUTOR (ES):</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Lopez Leon, Fernando Daniel	73256272	07-11-2024
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Fredesvindo Fernandez Herrera	40588728	0000-0003-2973-7973
<b>DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
María del Rosario Farromeque Meza	15584804	0000-0001-8747-568X
Oscar Otilio Osso Arriz	15584693	0000-0003-1301-0673
Roberto Hugo Tirado Malaver	44565193	0000-0001-7064-3501

# López León, Fernando Daniel 2024-065842

## DESARROLLO DE UNA LÁMINA COMESTIBLE A BASE DE PULPA DE SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS “YACÓN” PARA SU...

 Quick Submit

 Quick Submit

 DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION\_Tesis Posgrado 2024

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3026985602

Fecha de entrega

1 oct 2024, 8:10 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

1 oct 2024, 2:13 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Borrador\_de\_Tesis\_2024\_F.pdf

Tamaño de archivo

2.5 MB

100 Páginas

25,385 Palabras

139,044 Caracteres

## 15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cá...

### Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

14%  Fuentes de Internet

5%  Publicaciones

7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

# **TÍTULO**

**DESARROLLO DE UNA LÁMINA COMESTIBLE A BASE DE  
PULPA DE *Smallanthus sonchifolius* "YACÓN" PARA SU  
EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL**

**Bach. LOPEZ LEON, FERNANDO DANIEL**

# **TESIS**

**ASESOR Dr. FERNÁNDEZ HERRERA, FREDESVINDO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

**HUACHO**

**2024**

**Dedicado a Dios y a mi familia, en especial  
a mi madre, por su amor y apoyo  
incondicional en cada etapa de mi vida.**

*Fernando Daniel Lopez Leon*

**Quiero agradecer a Dios por las  
oportunidades en mi vida, a mi asesor por  
su apoyo en cada proceso y su tiempo  
dedicado, a mis docentes que  
contribuyeron en mi formación de  
posgrado, los cuales me dieron ideas de  
investigación y a mis colegas y amigos que  
me dieron su apoyo durante el desarrollo  
de esta investigación.**

***Fernando Daniel Lopez Leon***

## **ÍNDICE**

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivo Específico.....	4
1.4. Justificación de la Investigación.....	4
1.4.1. Justificación teórica.....	4
1.4.2. Justificación práctica.....	4
1.4.3. Justificación Social.....	5
1.5. Delimitación del estudio.....	5
1.5.1. Delimitación espacial.....	5
1.5.2. Delimitación temporal.....	5
1.5.3. Delimitación teórica.....	6
1.6. Viabilidad del estudio.....	6
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.2. Bases Teóricas.....	12
2.2.1. <i>Smallanthus sonchifolius</i> "yacón".....	12
2.2.2. Láminas comestibles.....	15

2.2.3. Secado de alimentos .....	20
2.3. Bases filosóficas .....	22
2.4. Definición de términos básicos.....	23
2.5. Formulación de la Hipótesis .....	24
2.5.1. Hipótesis General.....	24
2.5.2. Hipótesis Específicos.....	24
2.6. Operacionalización de las variables.....	25
<b><i>CAPITULO III. METODOLOGÍA</i></b> .....	<b>27</b>
3.1. Diseño metodológico .....	27
3.1.1. Ubicación.....	27
3.1.2. Materiales e insumos .....	27
3.1.3. Diseño experimental .....	28
3.1.4. Tratamientos .....	29
3.1.5. Características del área experimental .....	30
3.1.6. Variables evaluadas .....	34
3.1.7. Conducción del experimento .....	34
3.2. Población y muestra.....	37
3.2.1. Población .....	37
3.2.2. Muestra .....	37
3.3. Técnicas de recolección de datos.....	37
3.4. Técnicas para el procesamiento de la información.....	39
<b><i>CAPITULO IV. RESULTADOS</i></b> .....	<b>40</b>
4.1. Análisis de resultados .....	40
4.1.1. Etapa I: Desarrollo de láminas comestibles y evaluación fisicoquímica.....	40
4.1.2. Etapa II: Evaluación sensorial y caracterización nutricional.....	54
4.2. Contrastación de hipótesis .....	63
<b><i>CAPITULO V. DISCUSIÓN</i></b> .....	<b>66</b>
5.1. Discusión de resultados .....	66

<b><i>CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i></b> .....	<b>72</b>
6.1. Conclusiones.....	72
6.2. Recomendaciones .....	72
<b><i>CAPITULO VII.REFERENCIAS</i></b> .....	<b>73</b>
<b><i>ANEXOS</i></b> .....	<b>79</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Taxonomía del yacón</i> .....	13
<i>Tabla 2. Composición química de la raíz del yacón sin cáscara</i> .....	14
<i>Tabla 3. Ventajas y desventajas del secado por flujo de aire caliente</i> .....	21
<i>Tabla 4. Variables independientes y dependientes</i> .....	25
<i>Tabla 5. Operacionalización de variables e indicadores.</i> .....	26
<i>Tabla 6. Factores de control y niveles.</i> .....	29
<i>Tabla 7. Diseño experimental de la investigación</i> .....	30
<i>Tabla 8. Codificación de los tratamientos en la evaluación sensorial.</i> .....	30
<i>Tabla 9. Caracterización de la materia prima</i> .....	40
<i>Tabla 10. Resultados del análisis de pH y % Acidez de los tratamientos</i> .....	41
<i>Tabla 11. Análisis de varianza para pH vs. AMF (%); Temperatura (°C)</i> .....	42
<i>Tabla 12. Resumen del modelo para medias de pH.</i> .....	42
<i>Tabla 13. Análisis de varianza para % Acidez vs. AMF (%); Temperatura (°C)</i> .....	43
<i>Tabla 14. Resumen del modelo para medias de %Acidez</i> .....	43
<i>Tabla 15. Resultados del análisis de parámetros colorimétricos de los tratamientos</i> .....	44
<i>Tabla 16 Análisis de varianza para L* (Luminosidad)</i> .....	44
<i>Tabla 17. Resumen del modelo para medias de L*</i> .....	45
<i>Tabla 18. Análisis de varianza para a* (rojo a verde)</i> .....	46
<i>Tabla 19. Resumen del modelo para medias de parámetro a*</i> .....	46
<i>Tabla 20. Análisis de varianza para b* (amarillo a azul)</i> .....	47
<i>Tabla 21. Resumen del modelo para medias de parámetro b*</i> .....	47
<i>Tabla 22. Análisis de varianza para C (Croma)</i> .....	48
<i>Tabla 23. Resumen del modelo para medias de parámetro C.</i> .....	48

<i>Tabla 24. Análisis de varianza para H (tonalidad) .....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 25. Resumen del modelo para medias de parámetro H. ....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 26. Resultados del análisis de Humedad y Aw de los tratamientos.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 27. Análisis de varianza para %Humedad vs. AMF (%); Temperatura (°C) .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 28. Resumen del modelo para medias del % Humedad.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 29. Análisis de varianza para la Aw vs. AMF (%); Temperatura (°C) .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 30. Resumen del modelo para medias de la Aw .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 31. Datos sociodemográficos de los participantes.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 32. Prueba de Q Cochran de los descriptores sensoriales evaluados mediante preguntas CATA .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 33. Resultados del análisis proximal de las láminas comestibles.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 34. Resultados del análisis proximal de las láminas comestibles.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 35. Análisis microbiológico del producto .....</i>	<i>63</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Raíces frescas del yacón .....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Láminas comestibles a base de pulpa de mango.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3. Beneficios y ventajas de las láminas comestibles .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4. Representación de secado por flujo forzado de aire caliente .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Diagrama del proceso de láminas comestibles a base de pulpa de yacón.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6: Esquema de la metodología experimental. ....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 7. Gráfica de contorno de pH vs. factores. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 8. Gráfica de contorno %Acidez vs. factores.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9. Gráfica de contorno de L* (Luminosidad) vs. factores. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 10. Gráfica de contorno de a* (rojo a verde) vs. factores.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 11. Gráfica de contorno de b* (amarillo a azul) vs. factores. ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 12. Gráfica de contorno de C (croma) vs. factores. ....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 13. Gráfica de contorno de H (tonalidad) vs. factores.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 14. Gráfica de contorno del %Humedad.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 15. Gráfica de contorno de Aw. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 16. Curva de humedad en base seca vs. tiempo. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 17. Frecuencia de los atributos sensoriales marcados por los participantes.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 18. Análisis de correspondencia de los atributos sensoriales.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 19. Aceptabilidad sensorial de las láminas comestibles.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 20. Mapa sensorial de aceptabilidad para los atributos sensoriales. ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 21. Impacto de los atributos sensoriales sobre la media de aceptabilidad.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 22. Mapa de efectos sobre la media vs. frecuencias. ....</i>	<i>60</i>

## RESUMEN

**Objetivo.** Desarrollar láminas comestibles a base de pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" para su evaluación fisicoquímica y sensorial. **Metodología.** En una primera etapa, se acondicionó raíces de yacón hasta obtener pulpa, posteriormente se agregó agente espesante (AMF) integrándose homogéneamente, se moldeó láminas rectangulares y se llevó a un deshidratador de alimentos a determinadas temperaturas de secado hasta lograr una superficie total seca. Se trabajó con un diseño factorial completo 3x2, AMF (0, 2 y 4%) y Temperatura de secado (70 y 90°C) obteniéndose 6 tratamientos, las muestras se analizaron fisicoquímicamente (pH, %Acidez, %Humedad, Aw, L\*, a\*, b\*, C y H). Se aplicó un análisis de varianza considerando una significancia  $\alpha=0.05$  para el análisis de los efectos factoriales, gestión y representación gráfica estadística. En la segunda etapa, se evaluó sensorialmente los atributos sensoriales y la aceptabilidad de los tratamientos mediante el método CATA y una escala hedónica (1-9) respectivamente. Finalmente, se caracterizó nutricionalmente al tratamiento sensorialmente más aceptable. **Resultados.** Se encontró que el factor "Temperatura" tiene un efecto significativo sobre el pH, %Acidez, %Humedad, Aw, b\* y C\*, el %AMF no tiene un efecto significativo sobre %Acidez y la interacción factorial solo afecta a los parámetros colorimétricos. En la evaluación sensorial, se reconoció que los atributos "Aroma suave", "Sabor intenso", "Dulce", "Fácil de masticar" y "Se derrite en la boca" incrementaban la Aceptabilidad del producto siendo el tratamiento 4 (pulpa de yacón con 2% de AMF y secado a 90°C) el más aceptable. Así mismo, obtuvo una Humedad: 7.62 %, Grasa: 0.10 %, Cenizas: 2.63 %, Fibra cruda: 2.36 %, Carbohidratos: 86.43 %, Proteínas: 3.23 % y Energía total: 359.52 Kcal. **Conclusión.** El desarrollo de láminas comestibles a base de pulpa de yacón permite su evaluación fisicoquímica y sensorial permitiendo obtener un producto aceptable.

**Palabras claves:** Láminas, yacón, almidón, fisicoquímico, sensorial.

## ABSTRACT

**Objective.** To develop edible films based on *Smallanthus sonchifolius* “yacon” pulp for their physicochemical and sensory evaluation. **Methodology.** In a first stage, yacon roots were conditioned until pulp was obtained, then thickening agent (AMF) was added and homogeneously integrated, rectangular sheets were molded and taken to a food dehydrator at certain drying temperatures until a total dry surface was achieved. A 3x2 full factorial design, AMF (0, 2 and 4%) and drying temperature (70 and 90°C) was used to obtain 6 treatments. The samples were analyzed physicochemically (pH, %Acidity, %Humidity, Aw, L\*, a\*, b\*, C and H). An analysis of variance was applied considering a significance  $\alpha=0.05$  for the analysis of factorial effects, management and statistical graphical representation. In the second stage, sensory attributes and acceptability of the treatments were sensorially evaluated using the CATA method and a hedonic scale (1-9) respectively. Finally, the most sensorially acceptable treatment was nutritionally characterized. **Results.** The factor “Temperature” was found to have a significant effect on pH, %Acidity, %Moisture, Aw, b\* and C\*, %AMF had no significant effect on %Acidity and the factorial interaction only affected colorimetric parameters. In the sensory evaluation, it was recognized that the attributes “Mild aroma”, “Intense flavor”, “Sweet”, “Easy to chew” and “Melts in the mouth” increased the Acceptability of the product, with treatment 4 (yacon pulp with 2% MFA and dried at 90°C) being the most acceptable. It also obtained a Moisture: 7.62 %, Fat: 0.10 %, Ash: 2.63 %, Crude fiber: 2.36 %, Carbohydrates: 86.43 %, Protein: 3.23 % and Total energy: 359.52 Kcal. **Conclusion.** The development of edible sheets based on yacon pulp allows its physicochemical and sensory evaluation allowing to obtain an acceptable product.

**Key words:** Sheets, yacon, starch, physicochemical, sensory.

## INTRODUCCIÓN

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una planta originaria de los Andes, conocida por sus tubérculos dulces y jugosos, que poseen propiedades nutricionales y medicinales de gran valor. No solo ofrece beneficios como prebiótico, sino que también posee propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, contribuyendo de esta manera a la promoción de la salud gastrointestinal y al fortalecimiento del sistema inmunológico. Estas cualidades nutricionales han motivado la exploración de diversas aplicaciones del yacón en la industria alimentaria, una de las cuales es la producción de láminas comestibles.

Las láminas comestibles representan una innovación en el campo de los alimentos funcionales sostenibles, proporcionando una alternativa natural y saludable a los snacks comerciales. Su desarrollo no solo preserva la calidad de los alimentos, sino que también puede mejorar sus propiedades sensoriales y nutritivas. En este contexto, el yacón emerge como un candidato ideal para la elaboración de estas láminas, gracias a su perfil nutricional y funcional excepcional. Su implementación puede jugar un papel crucial en la mejora de la nutrición y la sostenibilidad, respondiendo a las tendencias actuales de consumo que demandan alimentos saludables, funcionales y amigables con el medio ambiente. Esta innovación aprovecha las propiedades nutricionales del yacón, que favorecen la salud digestiva y tienen un bajo índice glucémico, beneficioso para personas con diabetes.

Además, la comercialización de este producto puede generar nuevas oportunidades económicas para agricultores y productores locales, fomentando el desarrollo rural. Aprovechar esta materia prima accesible y económica puede fomentar la utilización de recursos locales y reducir los costos de producción.

La presente investigación se centra en la evaluación fisicoquímica y sensorial de láminas comestibles elaboradas a partir de pulpa de yacón. Se abordan aspectos como las características fisicoquímicas, la composición nutricional y la aceptación sensorial del producto en los consumidores, el cual es un factor determinante para el éxito comercial de nuevos productos alimentarios.

Mediante un enfoque multidisciplinario que combina técnicas de análisis fisicoquímicos y pruebas sensoriales, se pretende proporcionar una comprensión integral de las propiedades de estas láminas comestibles. Además, este enfoque se alinea con los principios de la ciencia de los alimentos, que busca entender y mejorar los procesos de conservación, procesamiento y desarrollo de productos alimentarios para garantizar la seguridad, calidad y sostenibilidad en la industria.

## **CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Actualmente en el contexto peruano, el consumo de alimentos ultra procesados y poco saludables está en aumento debido a sus bajos costos, facilidad de compra y su rápida disponibilidad. Esta tendencia ha llevado a un incremento alarmante de enfermedades relacionadas con la mala alimentación, como la obesidad, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares.

Según la Organización Panamericana de la Salud (2021), la salud humana depende tanto de factores hereditarios como ambientales, incluidos el estilo de vida y el acceso a una alimentación adecuada y saludable. Es fundamental promover una mayor conciencia sobre la importancia de una alimentación balanceada, controlada y fomentar el consumo de alimentos ricos en nutrientes, seguros y bajos en procesamiento industrial.

La industrialización de alimentos es cada vez más refinada, lo que ha llevado a la creación de productos con escaso valor nutritivo, lo cual debilita el sistema inmunológico y facilita la aparición de diversas enfermedades gastrointestinales. Por esta razón, se aconseja incorporar fibras solubles en la dieta. (Velastegui, 2024).

Bravo y López (2023) enfatizan la importancia de promover el consumo de alimentos producidos localmente para garantizar la subsistencia de la población. En este contexto, uno de los recursos alimenticios de gran interés, debido a su excelente perfil nutricional, es el yacón (*Smallanthus sonchifolius*).

El yacón es un alimento muy nutritivo que cada vez se vuelve más conocido entre la población debido a la divulgación de sus propiedades beneficiosas, las cuales comprenden efectos antioxidantes, prebióticos, anticancerígenos, hipoglicemiantes e hipolipidémicos, dichos efectos son debido a la acción de sus principales componentes bioactivos, los cuales presentan abundantes concentraciones de fructooligosacáridos y compuestos fenólicos con propiedades beneficiosas para la salud (Minchola et al., 2022).

A nivel local, el yacón es poco demandado por la población local, este alimento se trae desde otras provincias y regiones para abastecer a los principales mercados de la ciudad; generalmente están disponibles casi con frecuencia, pero en pocas cantidades. A menudo se

observa que la materia prima, tanto en almacenamiento y en expendio, han perdido frescura y calidad debido a factores ambientales y contaminación microbiana. Generalmente se observa, deshidratación, sobre maduración, partiduras, proliferación de mohos en la superficie, entre otros.

El yacón tiene un alto contenido de humedad (en torno al 83-90 % del peso fresco) y una estructura compuesta por tejidos internos débiles, lo que aumenta la incidencia del deterioro durante la recolección, el envasado y el transporte. Estos factores son responsables de la reducida vida útil de las raíces en condiciones ambientales, que es de sólo unos 7 días (Manrique & Párraga, 2005; Lachman et al., 2003, citados por Szlapak et al., 2015).

“Para evitar una pérdida significativa del efecto prebiótico de las raíces de yacón, estas deben procesarse rápidamente tras su cosecha” (Campos et al., 2016).

Es común que las raíces de yacón se procesen de alguna manera antes de comerlas, como pelarlas, cortarlas o triturarlas, lo que desencadena la reacción enzimática de pardeamiento. En este sentido, los métodos de pretratamiento como el blanqueado y secado contribuyen a reducir y evitar estas reacciones y mejorar la conservación de los compuestos aprovechables del yacón (Reis et al., 2021).

En definitiva, el yacón es un tubérculo con un excelente perfil nutricional. Se considera un alimento funcional y también nutracéutico debido a sus componentes bioactivos. El consumo del yacón tiene efectos hipoglicemiantes, hipolipidémicos, antioxidantes, prebióticos, anticancerígenos y contribuye a mantener una buena salud. Un gran inconveniente del yacón es su alto contenido de humedad, lo que fácilmente lo hace vulnerable a cambios indeseados durante su almacenamiento postcosecha, generalmente por deterioro microbiano. Por lo tanto, procesarlo y obtener un producto más estable que en su estado inicial es la mejor manera de reducir las pérdidas postcosecha y conservar, en cierta medida, sus propiedades nutricionales.

Las láminas a base de fruta han surgido como cómodas alternativas a la fruta fresca, ya que ofrecen un mayor valor nutritivo y contienen más nutrientes por ración. Los cueros o láminas comestibles a base de fruta, en particular, son láminas finas y flexibles llenas de intenso sabor a fruta y beneficios nutricionales. Las pulpas de frutas se utilizan habitualmente en la elaboración del cuero de fruta, que es un producto deshidratado obtenido mediante el

procesado de diferentes frutas. Este proceso constituye una forma eficaz de superar las pérdidas de fruta y aumentar su vida útil (Kashyap & Sharma, 2023).

En ese contexto, el desarrollo de láminas comestibles a base de pulpa de yacón y su estudio fisicoquímico y sensorial surge como una nueva propuesta que mejorará la disponibilidad, durabilidad, al elaborar láminas a partir de yacón fresco representa una forma efectiva de preservarlo por largos periodos de tiempo, sin dejar de mencionar que se contribuye al enfoque de mejorar la calidad de vida de las personas mediante el desarrollo de alimentos más saludables. Los resultados de esta investigación enriquecerán el conocimiento científico y podrán ser utilizados por las partes interesadas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Cuáles son las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón"?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la pulpa de yacón antes del secado en laminas comestibles?

¿Cuál es el efecto de la adición del agente espesante (AMF) y de la Temperatura de secado sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón?

¿Cuál es la Aceptabilidad de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón de acuerdo a sus atributos sensoriales?

¿Cuáles son las características nutricionales de las láminas comestibles a base de pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón"?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general.**

Desarrollar láminas comestibles a base de pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" para su evaluación fisicoquímica y sensorial.

### **1.3.2. Objetivo Específico.**

Determinar las características fisicoquímicas de la pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" antes del secado en láminas comestibles.

Evaluar el efecto de la adición del agente espesante (AMF) y de la Temperatura de secado sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón.

Determinar la Aceptabilidad de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón de acuerdo a sus atributos sensoriales.

Determinar las características nutricionales de las láminas comestibles a base de pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón".

## **1.4. Justificación de la Investigación**

### **1.4.1. Justificación teórica.**

Actualmente en el Perú, la investigación sobre el desarrollo de láminas comestibles a base de pulpa de frutas como alternativa de "alimentos saludables" es escasa, así mismo el aprovechamiento del yacón para el desarrollo de alimentos de baja humedad y mayor tiempo de conservación, presenta un vacío en la literatura científica, especialmente en términos de métodos alternativos de conservación de este alimento en el contexto peruano. Por lo tanto, esta investigación y sus resultados pretende proporcionar una base científica sólida para futuros estudios relacionados con el yacón y su aprovechamiento como snack saludable.

### **1.4.2. Justificación práctica**

El desarrollo y obtención de láminas comestibles a base de pulpa de yacón puede ser sustancialmente alcanzable con las tecnologías de procesamiento de alimentos disponibles. Las evaluaciones de láminas comestibles a base de pulpa de yacón pueden permitir conocer como el desarrollo tecnológico de este producto afecta el perfil fisicoquímico y sensorial del producto final. El desarrollo de láminas comestibles a partir de la pulpa de yacón no solo representa una opción innovadora de conservación, sino que también puede ofrecer una alternativa de consumo como un snack saludable. Estas láminas podrían contribuir al bienestar de personas con diabetes, sobrepeso y/o enfermedades relacionadas, gracias a su perfil nutricional beneficio y su capacidad para satisfacer antojos sin comprometer la salud.

Además, la evaluación fisicoquímica, sensorial y nutricional de estas láminas proporcionaría información crucial para la formulación de productos alimenticios innovadores y nutritivos, contribuyendo así al desarrollo de la industria de alimentos funcionales y saludables.

### **1.4.3. Justificación Social**

El estudio del desarrollo de láminas comestibles a base de pulpa de yacón y su evaluación fisicoquímica y sensorial también tiene una relevancia social significativa. Además de promover la diversificación de la dieta y la seguridad alimentaria, estas láminas podrían permitir el incremento del interés del aprovechamiento del yacón, desde su cultivo hasta su comercialización. Esto impulsaría la demanda e importancia del yacón en el Perú, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores y contribuyendo así al desarrollo sostenible de la agricultura y la alimentación en el país. Desde el punto de vista de disponibilidad, el desarrollo de láminas comestibles puede ofrecer una mayor vida útil en comparación con el yacón fresco, generando así un producto con valor agregado. Esto beneficia a los microemprendimientos familiares y al comercio regional, abriendo nuevas oportunidades de ingreso económico.

## **1.5. Delimitación del estudio**

### **1.5.1. Delimitación espacial.**

El estudio se llevó a cabo en los laboratorios de Tecnología de Alimentos I y Alimentos Funcionales en una primera etapa, y posteriormente, en el laboratorio de Análisis Sensorial, todos pertenecientes a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho.

### **1.5.2. Delimitación temporal.**

La investigación se realizó desde el mes de enero hasta marzo del 2024 para el diseño del plan de tesis y desde abril hasta julio del 2024 para su ejecución y desarrollo del borrador de tesis, durante este periodo se llevó a cabo el proceso de desarrollo de la lámina comestible a base de pulpa de yacón, análisis fisicoquímicos, sensoriales y el análisis estadístico a plantear. Este período permitió desarrollar cada etapa del estudio, desde la formulación de la hipótesis hasta la recolección y análisis de datos. Además, se destinó un tiempo considerable para redactar el borrador de la tesis, lo que permitió una presentación exhaustiva de los resultados y conclusiones.

### **1.5.3. Delimitación teórica**

Una de las limitaciones es que no se ha reportado muchos estudios nacionales a cerca de este tipo de producto y no se ha diversificado en cuanto a los métodos de obtención y como estos afectan las características fisicoquímicos y sensoriales del producto, sin embargo, sí existen estudios internacionales, muy recientes que aportaron mucho a la presente investigación.

### **1.6. Viabilidad del estudio**

La viabilidad tecnológica de este estudio se logró gracias a la disponibilidad de recursos como la materia prima, información de artículos científicos y tesis, y el tiempo autogestionado con el apoyo de asesores y docentes capacitados. Además, la UNJFSC proporcionó los materiales, equipos y espacio necesarios para realizar la investigación. Este estudio fue autofinanciado, sin apoyo adicional de ninguna entidad.

Se establecieron parámetros adecuados y cuantificables para medir los resultados sin dificultad. Estos parámetros en el desarrollo de una lámina comestible a base de pulpa de yacón permitieron analizar y evaluar las características sensoriales y fisicoquímicas, sin descuidar la inocuidad del producto.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Se consideró las siguientes investigaciones de los últimos 5 años.

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Kashyap & Sharma (2023) en su artículo científico de revisión “New insights in the production of fruit leather” [Nuevos conocimientos en la producción de cueros frutales] se seleccionó y consultó la información más actualizada a cerca de la producción de cueros a base de frutas, que, en otros términos, vendría a ser láminas comestibles. Explican sobre el proceso de producción, que implica varios pasos, como clasificar, lavar, pelar, cortar las frutas en rodajas que luego se mezclan con diversos aditivos como azúcares, hidrocoloides, ácidos y conservantes, al puré o pulpa resultante se le realiza un escaldado para desactivar las enzimas y se seca mediante diversos métodos, como el secado convectivo, por microondas y al vacío, cada método con ventajas y desventajas en términos de velocidad, retención de nutrientes, calidad sensorial y costos. En ocasiones, pueden incluirse espesantes como almidón, pectina, gelatina, alginato, gomas y derivados de la celulosa para facilitar la distribución uniforme de la pulpa y el proceso de secado, lo que podría mejorar la producción de láminas elaboradas a partir de frutas específicas. En esta revisión, según las investigaciones consultadas, indican que, a pesar de la disponibilidad de tecnologías de secado avanzadas, la producción de cuero de fruta de alta calidad sigue planteando problemas, como los largos tiempos de procesamiento, el elevado consumo de energía, pérdidas de calidad del producto reflejados en sus características fisicoquímicas, sensoriales, tiempo de vida útil, entre otros. Respecto a la calidad de las láminas, como producto terminado, es esencial para garantizar su aceptabilidad, y se pueden evaluar parámetros como las propiedades fisicoquímicas (incluyendo pH, acidez total, brix, humedad, color entre otros) y sensoriales (incluyendo su sabor, olor y apariencia) pueden ser evaluados para determinar su calidad.

Bravo (2022) en su tesis “Desarrollo y caracterización fisicoquímica de una lámina comestible a base de pulpa de mango (*Mangifera indica*) y piña (*Ananas comosus*)”, utilizó una formulación base de 0.1% de ácido ascórbico, 0.1% de ácido cítrico, 1% de CMC y 4.5% de azúcar blanca respecto al peso de las pulpas. El secado por convección forzada se realizó a 60°C y 70°C, alcanzando humedades del 20-21%. La mayor temperatura de secado

y almacenamiento redujo la cantidad de vitamina C, siendo el máximo contenido de 3.371 mg/g a 60°C y 35°C, y el mínimo de 0.692 mg/g a 70°C y 35°C después de 4 semanas.

Mardiyana, Handayani & Fadillah (2022) en su artículo científico “Pengaruh Penambahan Hidrokoloid CMC terhadap Karakteristik Fruit Leather Jambu Air Camplong Putih (*Syzygium samarangense*)” [Efecto de la adición de hidrocoloide CMC sobre las características del cuero del fruto de la guayaba blanca de agua Camplong (*Syzygium samarangense*)] utilizaron un diseño experimental DCA con diferentes concentraciones de CMC (0.5%, 1%, 1.5%, y 2%) para evaluar propiedades físicas, químicas y sensoriales de las láminas obtenidas. En primer lugar, se seleccionaron y clasificaron las guayabas en buen estado, seguido de un lavado y corte en trozos pequeños para eliminar las partes dañadas. Luego, se trituro la pulpa de la fruta en una licuadora para obtener un puré. Posteriormente, se mezclaron 200 gramos de puré de guayaba con 15 mL de jugo de limón, 40 g de azúcar y la cantidad adecuada de CMC según cada tratamiento. La mezcla resultante se vertió en moldes portátiles forrados con papel de aluminio, distribuyéndola uniformemente para formar láminas delgadas con un grosor aproximado de 5 mm. Finalmente, las láminas se secaron en un deshidratador de alimentos a una temperatura de 35-40 °C durante aproximadamente 20 horas, hasta que estuvieron completamente secas, lo que se indicaba por una superficie no pegajosa. Los resultados demostraron que la adición de CMC influyó significativamente en las características del producto, con variaciones en el rendimiento (22.91% - 26.08%), fuerza de tracción (0.210 MPa - 0.375 MPa), pH (3.1 - 3.4) y contenido de humedad (14.17% - 16.42%). La evaluación sensorial reveló que la muestra con 1% de CMC era la preferida en términos de sabor, aroma, textura, color y aceptación general.

Bandaru & Bakshi (2021) en su artículo científico “Effect of different drying conditions on the quality of apple and guava fruit leather” [Efecto de diferentes condiciones de secado sobre la calidad del cuero de frutos de manzana y guayaba] estudiaron el efecto de cuatro métodos diferentes de secado sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de los cueros de fruta. Los métodos incluyen, el secado en horno a 70 °C, secado en bandeja a 50 °C, secado en microondas (180 W) y secado al sol. El secado juega un papel importante en la preparación del cuero de la fruta, afectando sus propiedades nutricionales y su susceptibilidad al deterioro microbiano. El contenido de humedad de las muestras osciló entre 12.2-16.38%. La técnica de secado influye significativamente en la duración del secado para alcanzar el contenido final de humedad. En este estudio, el secado en horno

microondas tuvo el menor contenido de humedad (12.20%), seguido del secado en horno de aire caliente (12.9%), el secado en bandeja (13.8%) y el secado al sol (16.38%). Los tiempos de secado fueron, secado por microondas a 180 W (15 minutos), horno a 70 °C (50 minutos), secado en bandeja a 50 °C (660 minutos) y el secado al sol (1080 minutos). El análisis sensorial mediante prueba hedónica de 9 puntos reveló que los panelistas preferían el cuero secado en bandeja debido a su mejor textura (7.80) y color (7.92). El secado al sol dio como resultado un cuero de mala calidad debido a un mayor contenido de humedad (alrededor del 22-26%), una degradación significativa de la vitamina C y la acidez titulable, y cambios de color notables que conducen al pardeamiento. El secado por microondas y horno de aire caliente fue eficiente en términos de tiempo, pero provocó alteraciones de textura y color, afectando negativamente la aceptación sensorial. Sin embargo, el secado en bandeja retuvo menos humedad (alrededor del 14-16%), mantuvo niveles moderados de pH y acidez titulable y exhibió una degradación media de la vitamina C. En general, el cuero secado en bandeja demostró una calidad superior y fue preferido por los panelistas por su favorable calidad y propiedades sensoriales.

Flores (2020) en su tesis “Deshidratación de pulpa de arazá (*Eugenia stipitata*) en forma de lámina como alternativa de conservación”, trabajó con un diseño de bloque completo al azar y se realizaron pruebas con tres tratamientos utilizando pulpa de arazá en distintas concentraciones: T1 (90%), T2 (85%) y T3 (80%). Las condiciones de secado fueron las siguientes: T1 se secó a 55-60°C durante 3 horas, T2 a 60-70°C durante 2 horas, y T3 a 70-80°C por 1 hora. T3 recibió mayor aceptación en términos de olor, color y sabor, aunque las diferencias con T1 en estos atributos no fueron significativas. El proceso de elaboración de la pulpa deshidratada de arazá comenzó con la recepción, lavado y desinfectado, seguido de un escaldado de 20 segundos a 80°C. Posteriormente, se extrajo manualmente la pulpa, eliminando las semillas, y se mezcló con pectina, sacarosa y ácido cítrico al 0.15% para obtener una mezcla homogénea. La mezcla se cocinó a 90-95°C durante 3 minutos, se extendió en láminas de 0.5 cm de grosor y se dejó secar según los tratamientos especificados. Luego del secado, la pulpa deshidratada se enfrió a 15°C y se empacó al vacío en fundas de polipropileno. Las características sensoriales, como sabor, color, olor y textura, fueron evaluadas usando una escala hedónica de 5 puntos. El análisis nutricional del tratamiento ganador reveló: 1.68 % fibra, 3.46 % proteínas, 16.32 % humedad, 4.61 % grasas, 74.48 % carbohidratos y 1.12 % cenizas, mostrando un alto contenido energético y de carbohidratos.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Velásquez & Lozada (2022) en su artículo científico “Acceptability of yacon flakes (*Smallanthus sonchifolia*) for dietary use with inulin” [Aceptabilidad de hojuelas de yacón (*Smallanthus sonchifolia*) para uso dietético con inulina] tuvieron como objetivo elaborar hojuelas de yacón y determinar la composición proximal del yacón fresco y de las hojuelas finales, elaborados a temperaturas de 120°C, 150°C y 180°C durante 20 min. Se midió los atributos sensoriales: textura, sabor, color y olor y la aceptabilidad global a nivel de laboratorio mediante 10 panelistas semientrenados y una escala hedónica no estructurada. La aceptabilidad de las hojuelas se midió a diferentes temperaturas. Los resultados indican que las hojuelas elaboradas a 180°C tuvieron la mayor aceptación (87%). La cantidad de fructooligosacáridos en base fresca fue  $T \pm SD$  (31.60 $\pm$ 0.650) y en base seca (37.44 $\pm$ 1DS). Se concluye que las hojuelas de aportaban un alto contenido en hidratos de carbono, fibra y tenían cantidades pequeñas de grasas y calorías. Por lo tanto, se podía considerar un complemento alimenticio de uso dietético tipo snack, ideal para personas que deseen bajar de peso.

García (2020) en su tesis “Efecto del procesamiento de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en la retención de vitamina C”, utilizó un secador de gabinete con flujo de aire caliente, con temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C. Los tiempos de secado fueron 15 horas para 50°C, 10 horas para 60°C y 7.75 horas para 70°C. Se observó que retirar las láminas antes de tiempo causaba roturas, mientras que exceder el tiempo las hacía pegarse al papel mantequilla. Las variaciones de humedad en las láminas fueron de 10.16% a 19% en base húmeda y de 11.31% a 24% en base seca, mientras que la actividad de agua osciló entre 0.5205 y 0.7819. Las conclusiones indicaron que la retención de vitamina C en láminas deshidratadas de aguaymanto se ve influenciada por la temperatura de secado, siendo mayor a menores temperaturas de secado. Las mejores condiciones de procesamiento para retener vitamina C fueron escaldar el fruto, pulpeado en condiciones atmosféricas normales y secado a 50°C, logrando una retención del 45.10% de vitamina C. Además, se resaltó la importancia de mantener la  $A_w$  del producto final deshidratado a un nivel no mayor a 0.55 para poder reducir la degradación de la vitamina C durante el almacenamiento, siempre y cuando las propiedades sensoriales del producto final lo permitan

Taipe (2019) en su tesis “Elaboración de lámina de frutas (fruit leather) de papaya con maracuyá, fortificado con quinua, kiwicha y hierro a base de análisis sensorial” tuvo como objetivo, elaborar láminas comestibles fortificados encontrando las cantidades óptimas para obtener un producto agradable, nutritivo y estable. La materia prima se seleccionó, lavó y desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio. Luego, se realizó el pelado y despepado, seguido por el licuado de la pulpa. La masa resultante se pesó y se formuló, añadiendo los ingredientes correspondientes, como sulfato de ferroso y goma guar en las proporciones indicadas. Tras mezclarlos, la mezcla se calentó a una temperatura no superior a 65 °C, agregando pectina (1.5%, 2.5% y 4%) como tratamientos y azúcar en un porcentaje específico. Posteriormente, se añadió sorbato de potasio y ácido ascórbico según las recomendaciones de dosificación. Se formaron láminas con la mezcla y se secaron en un secador a aproximadamente 60 °C durante 6 horas. Una vez deshidratadas, se cortaron en láminas de 4 cm x 10.5 cm, con un promedio de espesor de 0.3 mm ± 0.015 mm. Estas láminas se empacaron en un ambiente fresco, seco y protegido de la luz solar. La mejor concentración de pectina fue de 1.5% sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas. El producto final resultó ser estable, agradable al paladar, con una buena textura y sabor, además de ser nutritivo. La composición de la lámina de fruta incluía 2.5% de proteína, 17.7 mg/100g de vitamina C y 68.9g de hierro. El producto final presentó un pH de 3.6 y una Aw de 0.75, indicando que es estable a temperatura ambiente, lo que facilita su conservación y distribución.

Pizarro (2019) en su investigación “Contenido de antocianinas y capacidad antioxidante de láminas a base de frambuesa (*Rubus idaeus*) y zanahoria (*Daucus carota*) a diferentes temperaturas de secado” utilizó una proporción de zumo de frambuesa: zumo de zanahoria: azúcar (55:25:20). La mezcla se homogeneizó y se secó a 45°C, 55°C y 65°C, alcanzando entre 10.28% y 11.22% de humedad en aproximadamente 7 horas. Posteriormente, las láminas se enfriaron por 2 horas a temperatura ambiente y se cortaron en tamaños de 5 x 5 cm para almacenarlas en bolsas de celofán. Las láminas secadas a 55°C mostraron mejores características sensoriales, calificadas como "me gusta" en sabor y apariencia general, sin diferencias significativas en color y textura. Además, presentaron los mejores niveles de antocianinas y capacidad antioxidante, estableciendo 55°C como la mejor temperatura de secado.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. *Smallanthus sonchifolius* "yacón"**

#### **2.2.1.1.Generalidades**

En el Perú, *Smallanthus sonchifolius* "yacón" emerge como un cultivo con gran potencial como alimento funcional, ofreciendo propiedades nutraceuticas destacadas. Sus raíces tuberosas poseen un bajo valor calórico y una elevada concentración de fructooligosacáridos, los cuales actúan como fibra dietética y contribuyen al fortalecimiento del sistema inmunológico (Rodríguez et al., 2022).

El yacón es una especie utilizada principalmente como alimento funcional (raíces) por sus propiedades prebióticas y antidiabéticas. En los últimos años, ha crecido el interés por las propiedades farmacológicas del "yacón", motivo por el cual, su cultivo se ha extendido a varios países como Italia, Francia, Alemania, EE.UU., República Checa, Rusia y Japón. Su uso como agente hipoglucemiante ha sido validado por numerosos ensayos. Además, han sido investigadas otras actividades biológicas, como antifúngicas, antibacterianas, antiinflamatorias, antioxidantes, antiparasitarias y antitumorales. Generalmente, el yacón es valorado y reconocido, según la bibliografía, por su considerable contenido de Fructooligosacáridos (FOS), principal componente del grupo de sacáridos que corresponde entre el 70 a 80% de la materia seca de las del yacón (Ulloa et al., 2021).

El yacón tiene un alto contenido de humedad (en torno al 83-90 % del peso fresco) y una estructura compuesta por tejidos internos débiles, lo que aumenta la incidencia del deterioro durante la recolección, el envasado y el transporte. Estos factores son responsables de la reducida vida útil de las raíces en condiciones ambientales, que es de sólo unos 7 días (Manrique & Párraga, 2005; Lachman et al., 2003, citados por Szlapak et al., 2015).

“El yacón se utiliza tradicionalmente como raíz fresca para consumo directo, en ensaladas, procesado mínimamente, harina, chancaca y guisos, y en forma de frutas secas. Industrialmente se procesa como fuente de inulina y como fuente de fructosa” (Pariona, 2018).

En general, las raíces tuberosas conocidas como yacón, son la materia prima aprovechable de esta especie de cultivo, tienen un agradable y sutil sabor dulce que comúnmente se suelen consumir como si fuera frutas sin ningún tipo de cocción previa.

### 2.2.1.2. Clasificación taxonómica

Hermann & Heller (1997) describió el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) de la siguiente manera:

Tabla 1. Taxonomía del yacón

Categoría	Taxón
División	Espermatofita
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Metachlamideae
Orden	Synandrea
Familia	Compositae
Género	Polymnia
Especie	<i>P. sonchifolius edulis</i>
Nombre científico	<i>Smallanthus sonchifolius</i>

Fuente: (Hermann & Heller, 1997)

Previamente se le había identificado como *Polymnia sonchifolia* o *Polymnia edulis*; hasta la actualidad, los nombres comunes usados en diferentes partes de los Andes son yacón, llacón, aricoma, jícama y algunos derivados de éstos, como llaqon, llacum, llacuma, yacumpi, aricuma, chicama, jiquima y jiquimilla (Hermann & Heller, 1997; Manrique et al., 2004).

### 2.2.1.3. Descripción morfológica

El término "yacón" se refiere a los tubérculos que se recolectan de la misma planta que lleva su nombre. Esta planta, que es perenne y puede alcanzar una altura de 1.5 a 3 metros, posee un sistema radicular que consta de raíces conservadoras y carnosas. Las raíces pueden llegar a medir hasta 20 cm de diámetro y 25 cm de longitud, con una cáscara que varía de color, desde canela hasta marrón oscuro. Las raíces son principalmente de forma fusiforme, pero a menudo adquieren formas semi alargadas e irregulares. Hay varias morfologías hortícolas disponibles, y las raíces presentan pulpas de diferentes colores, como crema, amarillo anaranjado y morado (Seminario et al., 2003).



*Figura 1. Raíces frescas del yacón*

Fuente: (Manrique et al., 2004)

#### **2.2.1.4. Composición química**

De manera general, los carbohidratos representan cerca del 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre un 50 y un 70% son fructooligosacáridos (FOS). Estas raíces no almacenan energía en forma de almidón, sino como FOS y otros carbohidratos como glucosa, fructosa y sacarosa (Hermann & Heller, 1997). La composición nutricional por cada 100 gramos de la raíz fresca del yacón sin cascara se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2. Composición química de la raíz del yacón sin cáscara

Componentes	Cantidad	Unidad
Energía	51	kcal
Humedad	86.6	g
Carbohidratos	12.5	g
Proteínas	0.3	g
Grasas	0.3	g
Cenizas	0.3	g
Vitamina C	13.1	mg
Hierro	0.3	mg
Fósforo	21.0	mg
Calcio	23.0	mg

Fuente: *Tablas peruanas de composición de alimentos (2017)*

### **2.2.1.5. Consideraciones durante el procesamiento del yacón**

Salinas et al. (2018) investigó el secado de pasta de yacón bajo diferentes condiciones. Se compararon las propiedades fisicoquímicas de las muestras secas con el yacón original. Los resultados de esta investigación sugieren que las condiciones óptimas de secado, donde las propiedades fisicoquímicas de las muestras se mantienen más similares al material original, es utilizando temperaturas más altas (mayor a 60°C) puesto que más rápido será el secado del yacón y con ello se evitarán alteraciones del estado fisicoquímico general.

Se debe considerar que los métodos de secado han estado dando una importante contribución para la preservación de las fibras prebióticas del yacón, que se perderían rápida y totalmente por despolimerización si las raíces de yacón se almacenaran frescas.

Respecto al blanqueado, Campos et al. (2016) menciona que el blanqueo en disoluciones ácidas degrada significativamente el contenido de FOS, mientras que el blanqueo solo con agua hirviendo permite una buena retención de estos compuestos ( $105.4 \pm 10.9\%$ ) y de azúcares reductores ( $92 \pm 10.6\%$ ). Además, las temperaturas de secado entre 50 y 80 °C en muestras escaldadas no afectan la cantidad de FOS ni de azúcares reductores en harinas de yacón.

Después de una semana de almacenamiento a temperatura ambiente, la cantidad de FOS disminuye entre un 30% y un 40%. Por lo tanto, para obtener un producto con mayor contenido de estos compuestos, es esencial procesar la raíz inmediatamente después de la cosecha o mantenerla refrigerada para reducir la tasa de degradación. Además, durante el procesamiento, no se deben exceder temperaturas superiores a 120°C para evitar su degradación (Manrique et al., 2004).

## **2.2.2. Láminas comestibles**

### **2.2.2.1. Generalidades**

Los cueros o láminas secas de pulpa de fruta poseen un sabor dulce, una textura gomosa y suave. Se pueden elaborar a partir de una sola fruta o una mezcla de varias frutas. Estos productos, consumidos como bocadillos o "snacks", pueden ser enrollados en plástico para almacenamiento prolongado o cortados en trozos pequeños para añadir a dulces y postres. También son utilizados como ingredientes en helados, pasteles y galletas. La conservación

de estos productos se debe a su bajo contenido de humedad, , permitiendo un tiempo de vida útil de hasta 9 meses cuando se secan y envasan adecuadamente.(Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2007).

Las láminas se elaboran deshidratando purés de frutas, lo que permite una variedad de sabores provenientes de diferentes frutos o combinaciones entre ellos. Además, se pueden endulzar con azúcar o aromatizar con especias según el gusto. Pueden tener una vida útil superior a 9 meses, no obstante, un mal envasado hace que las láminas pierden gradualmente su color y sabor, lo que dificulta mantener los estándares de calidad. El tiempo de secado varía dependiendo del método a usar: aproximadamente 6 a 8 horas en un deshidratador y mediante secado solar de 1 a 2 días. Usualmente, se usa el secado con flujo de aire caliente debido a su disponibilidad, conveniencia y facilidad de control mediante equipos adecuados (Merino, 2002 citado por Soto, 2013).

Las láminas comestibles son un producto alimenticio muy nutritivo y su preparación suele implicar tres pasos principales: preparar el puré de fruta o el zumo concentrado, añadir los ingredientes necesarios como hidrocoloides (agentes espesantes y gelificantes) y secar. Un envasado adecuado también es crucial para preservar la calidad y prolongar la vida útil del producto. Una evaluación adecuada de las propiedades sensoriales y fisicoquímicas de estos productos puede ayudar a garantizar que el producto final cumpla las normas de calidad deseadas. En general, es necesario seguir investigando e innovando para afrontar los retos y mejorar la producción y la calidad de este tipo de producto (Kashyap & Sharma, 2023).



*Figura 2. Láminas comestibles a base de pulpa de mango*  
Fuente: (Galbis, 2016)

#### **2.2.2.2. Otras terminologías**

En la literatura, los productos resultantes de la deshidratación de la pulpa y la formación continua de láminas se denominan cueros, rollos de frutas, pestiles, barras de frutas y películas comestibles. No existe un estándar establecido para este tipo de producto en la literatura. Para el secado de este producto se utilizan muchas técnicas, que también pueden influir en su composición y no solo en la formulación (Rodrigues et al., 2023).

Después del proceso de secado, se obtiene láminas flexibles con textura suave y aspecto brillante, son conocidas como "cueros" debido a estas características. Estos cueros secos suelen enrollarse y consumirse como snack, y pueden ser almacenados en láminas enteras o en rodajas, tanto enrolladas como sin enrollar, lo que facilita su transporte. En todo caso, todas las terminologías comparten algo en común, el producto final es un alimento deshidratado, considerados como láminas de fruta, puesto que se refiere a una capa delgada de pulpa de fruta que ha sido procesada y deshidratada para crear una textura suave y flexible. Estas láminas de fruta suelen tener un grosor uniforme y pueden variar en tamaño, pero generalmente se consideran delgadas y pueden enrollarse fácilmente.

#### **2.2.2.3. Consideraciones para su desarrollo**

Las propiedades fisicoquímicas de las láminas de fruta se conservan a menudo utilizando técnicas de secado modernas, teniendo en cuenta cuidadosamente todos los parámetros, como el tiempo de secado y el método utilizado. Los materiales de envasado para las láminas deshidratadas de fruta son necesarios para prolongar la vida útil del producto, normalmente, se relacionan con la estabilidad de la actividad del agua, la estabilidad microbiológica, las propiedades sensoriales y las características fisicoquímicas (Kaur & Godara, 2022).

En la fabricación de cuero de fruta de alta calidad, el paso más importante es el secado en condiciones óptimas. El secado es importante para eliminar la humedad de un producto y prolongar su vida útil. Un secado excesivo provoca la degradación de los nutrientes del producto, mientras que un secado de menor duración provoca la retención del exceso de humedad y el deterioro del producto. La técnica de secado afecta en gran medida a las características del producto como el sabor, el aroma, la dureza, la viscosidad, la actividad enzimática y el deterioro microbiano (Bandaru & Bakshi, 2021).

En cuanto al método de preparación, la mayoría de las láminas de fruta se prepararon seleccionando, lavando, pelando y quitando las semillas, y luego cortando en rodajas que se pueden hacer puré o pulpa fácilmente. Los purés se calientan, hierven o escaldan para inactivar las enzimas. A menudo se añaden aditivos como azúcar, pectina, ácido, jarabe de glucosa y colorantes antes o durante la mezcla. Los aditivos incluyen metabisulfito potásico, bisulfito sódico, metabisulfito sódico, sacarosa, proteína de soja y leche desnatada en polvo, jarabe de maíz y almidón. Estos ingredientes se mezclan con el puré de fruta para fabricar cueros de fruta de mayor calidad, más larga conservación o mejor calidad organoléptica que la fruta original. Las láminas fruta generalmente se secan entre 30 y 80°C por un máximo de 24 horas o hasta alcanzar un 12 a 20 % de humedad final (Diamante et al., 2014).

#### **2.2.2.4. Especificaciones y requisitos técnicos**

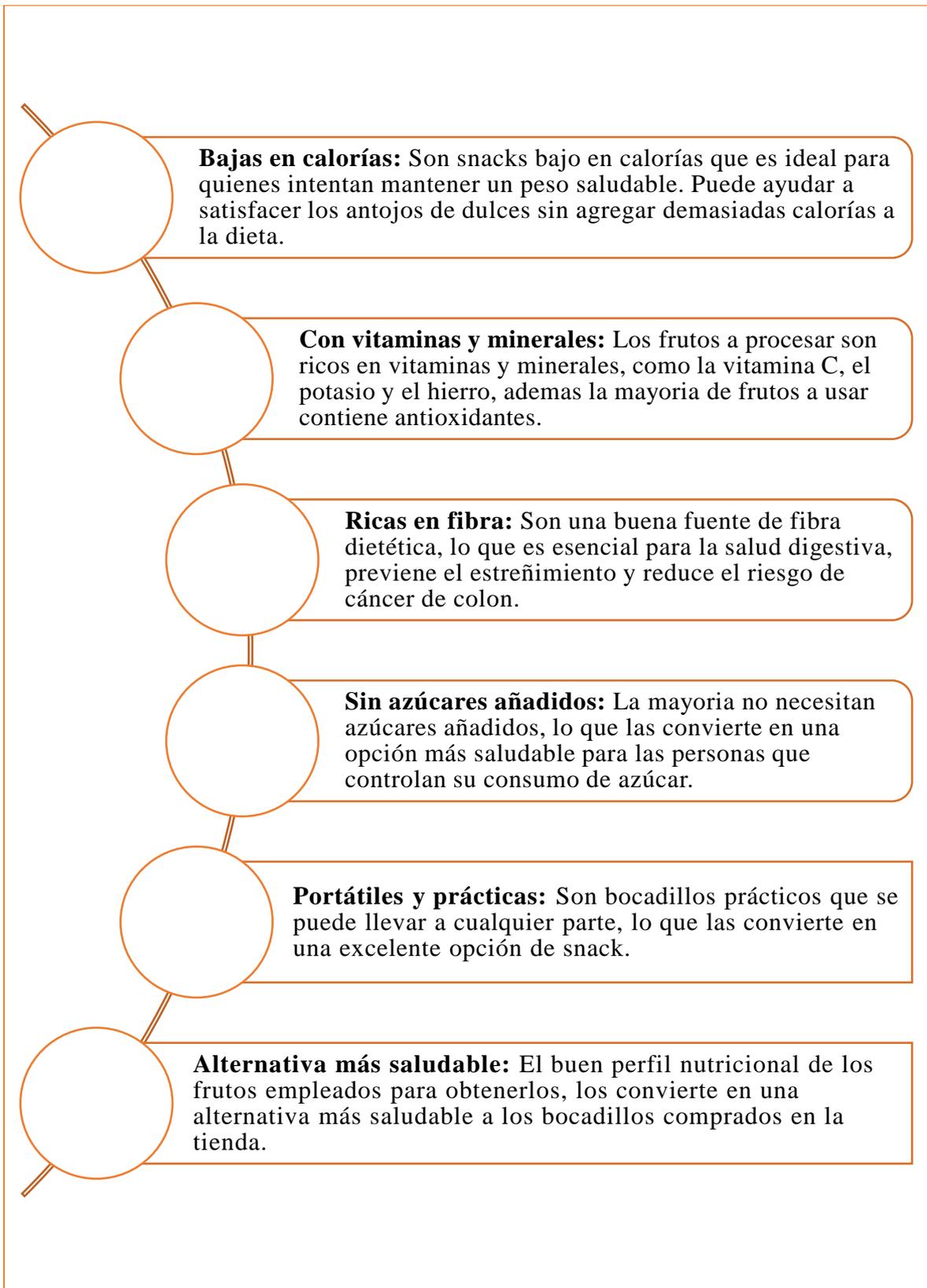
La Food Safety and Standards Authority of India (2011), en su ítem 2.3.19. “Fruit Bar”, denomina a las Barras de frutas, como aquel producto preparado mezclando pulpa/puré de fruta sana y madura, fresca o edulcorantes nutritivos, mantequilla u otra grasa vegetal comestible o sólidos lácteos y otros ingredientes previamente conservados apropiados para el producto, es deshidratado para formar una lámina que se puede cortar a la forma o tamaño deseado. Establece que el producto deberá cumplir con los siguientes requisitos:

(i) Humedad (m/m) No más del 20.0%, (ii) Sólidos solubles totales (m/m) No menos del 75.0% y (iii) Contenido de fruta (m/m) No menos del 25.0%.

El producto en mención también se le puede considerar una lámina comestible por su forma de obtención y sus características fisicoquímicas y sensoriales revisadas en la bibliografía.

#### **2.2.2.5. Beneficios y ventajas de consumo**

El consumo las láminas comestibles a base de frutas es una alternativa práctica y rentable, ya que proporciona varios componentes nutricionales esenciales como fibra, carbohidratos y minerales. Las láminas comestibles son un medio eficaz para promover el consumo de sólidos de fruta, especialmente entre niños y adultos jóvenes, ya que son visualmente atractivos. Algunos de los beneficios y ventajas de su consumo de destacan a continuación:



*Figura 3. Beneficios y ventajas de las láminas comestibles*  
Fuente: Adaptado de Kashyap & Sharma (2023).

### **2.2.3. Secado de alimentos**

#### **2.2.3.1. Definición**

El secado es un proceso de remoción parcial de la humedad de un alimento, lo cual es crucial para prolongar su vida útil. El alto contenido de humedad en un producto puede aumentar la actividad microbiana y conducir a su deterioro. Por lo tanto, reducir el contenido de humedad a través de diferentes métodos es fundamental para su conservación. Durante este proceso, se producen cambios en el color, la textura, el sabor, el olor y las propiedades fisicoquímicas del producto debido a diversas reacciones químicas y bioquímicas.

Respecto a los términos de “secado y deshidratación”, Tecante (1998) menciona que algunos autores definen el secado como la pérdida natural de humedad o agua de un alimento en condiciones ambientales, mientras que la deshidratación se refiere a una operación en la que esta pérdida de humedad ocurre bajo condiciones específicas y controladas. No obstante, otros autores invierten esta distinción. En realidad, ambos términos se emplean de manera intercambiable y con un significado similar. El secado es una operación que se realiza en contextos artesanales, agrícolas, de laboratorio e industriales.

La duración del secado depende principalmente del tipo de secador o deshidratador y de la naturaleza del producto. El secado debe realizarse de forma adecuada, de lo contrario, el daño causado será irreversible y afectará principalmente a la calidad del producto, lo que provocará que el producto no se pueda consumir ni comercializar (Bandaru & Bakshi, 2020).

#### **2.2.3.2. Secado convectivo mediante flujo de aire caliente**

##### **2.2.3.2.1. Fundamentos**

Es un tipo de secado directo o por convección mediante el uso de aparatos sencillos y de fácil manejo, siendo los más conocidos y utilizados en alimentos. Generalmente, consiste en una cámara metálica rectangular con soportes que sostienen bastidores. Cada bastidor tiene bandejas colocadas una sobre otra y cargadas con el material a secar. Se emplea un ventilador para hacer circular aire caliente entre las bandejas, previamente calentado por un haz de tubos tipo resistencias. Los tabiques distribuyen uniformemente el aire sobre las bandejas. El aire húmedo se evacua a través de un conducto de salida mientras que aire fresco entra por una abertura de entrada. Al final del ciclo de secado, las bandejas se retiran de la cámara para descargar el producto seco y cargar nuevo material (Fito et al., 2001).

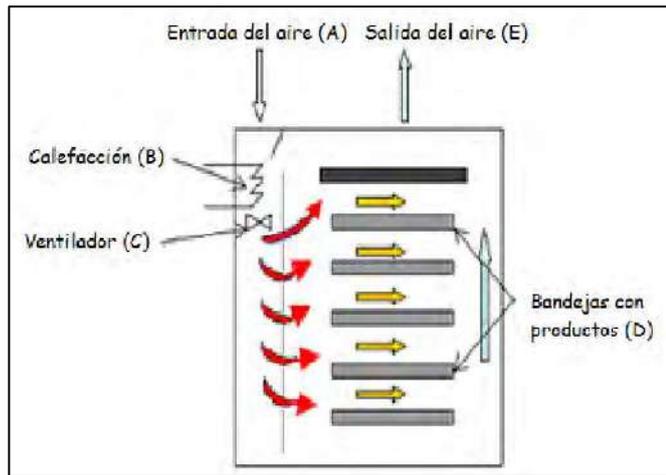


Figura 4. Representación de secado por flujo forzado de aire caliente  
 Fuente: Tomado de (Vallejos Romaña, 2014)

Tabla 3. Ventajas y desventajas del secado por flujo de aire caliente

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de almacenamiento prolongado.</li> <li>• Mejores características sensoriales en algunos casos.</li> <li>• Reducción del peso hasta 1/5 parte.</li> <li>• Disminución del volumen.</li> <li>• Estabilidad fisicoquímica y microbiológica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibles debilidades en propiedades como textura, sabor y color.</li> <li>• Necesidad de eliminar la humedad sin afectar significativamente la calidad.</li> <li>• Generalmente requieren largos periodos de secado.</li> </ul>

Fuente: (Bravo & López, 2023)

### 2.2.3.3. Cinética de secado

Tecante (1998) menciona que las curvas generadas gracias a datos obtenidos experimentalmente proporcionan información sobre el secado de un alimento en condiciones específicas, transformando los datos tabulados de tiempo y masa del alimento húmedo en datos de tiempo y humedad en base seca.

$$hbs(t) = \frac{(m(t) - mss)}{mss} \times 100$$

$m(t)$  = masa del alimento húmedo para cada tiempo (kg)

$mss$  = masa del sólido seco (kg ss)

$hbs(t)$  = humedad base seca al tiempo  $t$  (kg agua/ kg ss).

### **2.3. Bases filosóficas**

Según FAO (2004), la biodiversidad se valora como un componente crucial para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional. Se destaca su relevancia en áreas vitales de la vida humana, como la lucha contra el hambre, la disminución de la pobreza, el cuidado de la salud y la promoción del crecimiento económico sostenible.

En las sociedades industriales modernas, la preocupación dietética y por la salud ha adquirido formas particulares, a menudo opuestas a las concepciones anteriores. La producción, distribución y consumo de alimentos se insertan en procesos ecológicos, tecnológicos y económico-políticos complejos que influyen en los comportamientos alimentarios. También juegan un papel los condicionantes ideológicos, y la alimentación puede reflejar el pensamiento simbólico y simbolizar la realidad. Clasificamos los alimentos en categorías como saludables y no saludables, convenientes e inconvenientes, buenos y malos, etc., y estas clasificaciones rigen nuestra relación con la comida y con las personas (Contreras & Gracia, 2014).

La industrialización de alimentos es cada vez más refinada, lo que ha llevado a la creación de productos con escaso valor nutritivo, lo cual debilita el sistema inmunológico y facilita la aparición de diversas enfermedades gastrointestinales. Por esta razón, se aconseja incorporar fibras solubles en la dieta (Velasguy, 2024).

Los alimentos de origen vegetal presentan una vida útil corta. En el caso del yacón, las raíces contienen cantidades notables de fructanos prebióticos y raros fenólicos antioxidantes. el almacenamiento en fresco provoca una rápida despolimerización de los fructanos. Por lo tanto, en los últimos años se han realizado muchos intentos de extender la vida útil de las raíces de yacón (Reis et al., 2021).

Desde una perspectiva humana, podemos afirmar que promover el consumo de alimentos cultivados localmente es esencial para asegurar la supervivencia y el bienestar de nuestra comunidad. Valorar y favorecer los productos de nuestra propia tierra nos conecta con nuestras raíces, promoviendo un sentido de identidad y pertenencia. Además, al apoyar a los productores locales, fomentamos la solidaridad y el desarrollo económico en nuestra región. Al mismo tiempo, al optar por alimentos locales, estamos priorizando la calidad y frescura de los productos, lo que contribuye a una alimentación más saludable y sostenible para todos.

En resumen, al impulsar el consumo de alimentos locales, estamos fortaleciendo los lazos comunitarios y contribuyendo a la construcción de un futuro más próspero y equitativo para nuestra sociedad.

## **2.4. Definición de términos básicos**

### **a. Actividad de agua (Aw)**

La actividad de agua es una medida que indica la cantidad de agua disponible para los microorganismos y las reacciones químicas en un producto. Es importante para determinar la estabilidad y la seguridad microbiológica de los alimentos, ya que ciertos microorganismos pueden crecer solo dentro de un rango específico de Aw.

### **b. Almidón modificado frío (AMF)**

El almidón modificado es un derivado del almidón natural que ha sido tratado física, química o enzimáticamente para alterar sus propiedades físicas y químicas. Estas modificaciones pueden incluir cambios en la solubilidad, la viscosidad, capacidad de gelificación, etc. El almidón modificado frío es un tipo de almidón que se ha modificado para que se disuelva en medios fríos y ambientales. Esto lo hace útil en una variedad de para mejorar la textura, la estabilidad y otras características de los productos.

### **c. Evaluación fisicoquímica**

Es un proceso sistemático utilizado para determinar y medir las propiedades físicas y químicas de una sustancia o material. En las ciencias de los alimentos, por ejemplo, la evaluación fisicoquímica implica el análisis de parámetros como la acidez, el pH, la concentración de nutrientes, el contenido de humedad, la viscosidad, la densidad, color, etc. Estos análisis son esenciales para comprender la composición, estabilidad y calidad de los productos, y pueden realizarse mediante una variedad de técnicas y métodos analíticos.

### **d. Evaluación sensorial**

Se lleva a cabo mediante los sentidos humanos, evaluando el aspecto, gusto, olor, sabor y textura. Se abarca métodos para medir la reacción de una persona a un alimento y facilita el control de la calidad organoléptica, la descripción de perfiles y la comparación de alimentos y bebidas, utilizando paneles entrenados, semi-entrenados y consumidores.

#### **e. Lámina comestible**

Una lámina es una estructura delgada y plana que puede ser sólida o flexible, generalmente con una forma rectangular o cuadrada. Se caracteriza por tener un espesor pequeño en comparación con sus dimensiones de largo y ancho. Las láminas comestibles están elaboradas específicamente con ingredientes seguros para el consumo humano.

#### **f. Secado convencional**

La tecnología convencional se refiere a métodos, procesos o técnicas establecidas durante un largo tiempo en una industria específica, basados en prácticas probadas y tradicionales en lugar de innovaciones recientes. El secado convencional es un ejemplo de ello, utilizado para eliminar la humedad de los alimentos mediante calor y aire circulante. Se emplean equipos estándar como hornos y secadores de bandeja, que, aunque pueden variar en diseño y operación, comparten el uso de principios básicos de transferencia de masa y calor.

### **2.5. Formulación de la Hipótesis**

#### **2.5.1. Hipótesis General**

Desarrollando láminas comestibles a base de pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" se podrán caracterizar fisicoquímica y sensorialmente.

#### **2.5.2. Hipótesis Específicos**

Determinando las características fisicoquímicas de la pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" se conocerá cuáles son sus características en un estado inicial.

La adición del agente espesante (AMF) y la Temperatura de secado tienen un efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón.

La Aceptabilidad de las láminas comestibles a base de pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" se ve influenciada por sus atributos sensoriales.

Determinando el aporte nutricional de la lámina comestible a base de pulpa de yacón se caracterizará el producto final más aceptable.

## 2.6. Operacionalización de las variables

En la tabla 4 se presentan las variables de estudio y en la tabla 5 se presenta la operacionalización de las variables, detallando las dimensiones, indicadores de estudio y los instrumentos utilizados.

Tabla 4. Variables independientes y dependientes

Independiente $X_1$	Desarrollo de una lámina comestible	-Concentración de agente espesante (%AMF) - Temperatura de secado
	Características fisicoquímicas	pH Acidez titulable Color instrumental Actividad de agua (Aw) Humedad
Dependiente $Y_1$	Características sensoriales	-Atributos sensoriales de Color, Olor, Sabor y Textura. -Aceptabilidad General
	Características nutricionales	Cenizas Fibra Carbohidratos Proteínas Grasas Energía Total

Tabla 5. Operacionalización de variables e indicadores.

Variable Nominal	Tipo de variable	Definición operacional	Dimensiones	Medida	Indicadores	Técnica/ Instrumentos
Desarrollo de láminas comestibles a base de pulpa de yacón	Independiente X <sub>1</sub>	Concentración de agente espesante	Concentración de Almidón Modificado (%AMF)	[0-4]	%	Balanza digital
		Condiciones de secado	Temperatura de secado (T°)	[70-90]	°C	Programación automática del equipo
			Tiempo de secado	[1-7]	horas	
Características fisicoquímicas y sensoriales de láminas comestibles a base de pulpa de yacón	Dependiente Y <sub>1</sub>	Características fisicoquímicas	pH	[0 – 14]	-	Potenciómetro digital
			Actividad de agua (Aw)	[0 – 1]	-	Medidor de Aw
			Humedad	[ < 100]	% Humedad	Análisis proximal
			Acidez titulable	[ < 100]	% ac. Cítrico	Titulación volumétrica
			Color instrumental	-	L*a*b*	Colorímetro
		Características sensoriales	Atributos sensoriales de Color, Olor, Sabor y Textura.			
Características nutricionales	Acceptabilidad General	[1 – 9]	1: "Me disgusta mucho" 9: "Me gusta mucho"		-Cartillas de evaluación	
		Carbohidratos	[ < 100]	%		
		Fibra	[ < 100]	%		
		Cenizas	[ < 100]	%	Análisis proximal	
		Proteínas	[ < 100]	%		
		Grasas	[ < 100]	%		
		Energía Total			Kcal	

## **CAPITULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Diseño metodológico**

La investigación es de tipo adaptativo, ya que se aplicaron tecnologías existentes como el secado por flujo de aire caliente para la producción de láminas comestibles. Se estudiaron los efectos de los factores controlables sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles como eje principal, con el fin de caracterizar, describir y valorar este tipo de producto a fin de darle al yacón un valor agregado, mejorando su disponibilidad y conservación, y ofrecer un snack aceptable al consumidor como alternativa de consumo saludable. La metodología empleada es experimental, cuantitativa y aplicada, con el propósito de difundir conocimientos de aplicación directa a problemáticas específicas de la población y a la investigación en ciencias de los alimentos.

#### **3.1.1. Ubicación**

El estudio se llevó a cabo en los laboratorios de Tecnología de Alimentos I y Alimentos Funcionales en una primera etapa, y posteriormente, en el laboratorio de Análisis Sensorial, todos pertenecientes a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión en Huacho.

#### **3.1.2. Materiales e insumos**

En el estudio se emplearon los siguientes materiales, insumos, instrumentos y equipos:

##### **A. Materiales**

- Baldes grado alimentario con tapa 20 L
- Bandejas de aluminio
- Bolsas gofradas herméticas
- Bowls de aluminio
- Colador
- Cuchillos
- Cucharas de medida
- Ollas de aluminio
- Papel encerado antiadherente

- Paleta de plástico para moldear

- Peladores

- Tabla para cortar

## **B. Materia prima e Insumos**

- Yacón

- Agente espesante (Almidón modificado frío)

## **C. Equipos e instrumentos**

- Balanza (1g – 10000g)

- Balanza analítica (0.0001g-100g)

- Termómetro grado alimentario

- Potenciómetro (pH)

- Refractómetro (<80 °Brix)

- Medidor de Aw (HP23-AW, Rotronic®)

- Colorímetro PCE-CSM 3

- Bureta y base para titulación

- Vaso precipitado beaker de 50, 100, 250 y 1000 ml

- Licuadora

- Cocina

- Deshidratador de alimentos modelo KXY-FD16 (35 – 90 °C)

### **3.1.3. Diseño experimental**

Para la gestión, el análisis y representación gráfica estadística, se utilizó un diseño factorial completo 3 x 2, con dos factores: A (Concentración de agente espesante o %AMF) y B (Temperatura de secado), cada uno con 3 y 2 niveles respectivamente. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos sobre las variables de respuesta “Características fisicoquímicas de las láminas comestibles”, considerando un valor de  $p < 0.05$  como criterio de significancia. Para la evaluación

sensorial de las láminas comestibles, se usó el método CATA que empleó el Test Q de Cochran, tablas dinámicas de frecuencias y análisis de correspondencia. Así mismo se usó una prueba de aceptabilidad general mediante una escala hedónica de 9 puntos. Todo el análisis y procesamiento estadístico se llevó a cabo utilizando el software XLSTAT 2023 en Microsoft Excel y Minitab 19 en sus versiones de prueba.

Tabla 6. Factores de control y niveles

Factores	Niveles
AMF (%)	0 – 2 – 4
Temperatura de secado (°C)	70 – 90

### 3.1.4. Tratamientos

En el estudio, los tratamientos a desarrollar se plantean de acuerdo a los factores independientes y sus interacciones como se representa en tabla 6, generándose así, 6 tratamientos a los cuales se va considerar trabajar con 2 réplicas. El modelo experimental del diseño factorial completo se expresa a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \alpha_j + (\tau\alpha)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

**Y<sub>ijk</sub>**: Es la medida de la característica fisicoquímica debida al i-ésimo nivel del factor “%AMF” y el j-ésimo nivel del factor “Temperatura de secado” en la k-ésima réplica.

**μ**: es la media global de la característica fisicoquímica evaluada.

**T<sub>i</sub>**: Efecto del i-ésimo nivel del factor “%AMF” sobre la variable de respuesta.

**α<sub>j</sub>**: Efecto del j-ésimo nivel del factor “Temperatura de secado” sobre la variable respuesta.

**(τ<sub>α</sub>)<sub>ij</sub>**: Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor “%AMF” con el j-ésimo nivel del factor “Temperatura de secado” sobre la variable de respuesta.

**E<sub>ijk</sub>**: Error aleatorio experimental.

Se obtuvieron las siguientes corridas experimentales, después de insertar los factores y niveles en el software Minitab versión 2019 representados por los tratamientos centrales de la investigación:

Tabla 7. Diseño experimental de la investigación

Tratamiento	Factores			Respuestas			
	%AMF	Temperatura	% Humedad	Aw	pH	% Acidez	Color L*, a*, b*, C, H
1	0	70					
2	0	90					
3	2	70					
4	2	90					
5	4	70					
6	4	90					

En la tabla 8 se muestra los códigos que representaron los tratamientos para la etapa de evaluación sensorial de las láminas comestibles obtenidas bajo cada tratamiento propuesto.

Tabla 8. Codificación de los tratamientos en la evaluación sensorial.

Código	Tratamiento	%AMF	Temperatura
223	1	0	70
789	2	0	90
142	3	2	70
988	4	2	90
494	5	4	70
607	6	4	90

### 3.1.5. Características del área experimental

El estudio se llevó a cabo en dos etapas, tal y como se describe a continuación:

#### 3.1.5.1. Etapa I: Desarrollo de láminas comestibles y evaluación fisicoquímica

El proceso para obtener las láminas comestibles a base de pulpa de yacón se realizó tomando como referencia la metodología que menciona Diamante et al. (2014) con algunas modificaciones:

- a. **Recepción:** Se obtuvo las raíces frescas de yacón, las cuales llegaron en buen estado de firmeza.
- b. **Lavado/Desinfección:** Se lavó a cabo manualmente con chorros de agua a presión para eliminar agentes físicos presentes en la superficie y posteriormente se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% (v/v) para evitar todo tipo de contaminación.
- c. **Pelado:** Se procede a extraer manualmente las cascara y sumergir en una solución de cloruro cálcico al 1% a temperatura ambiente hasta la siguiente operación.
- d. **Acondicionamiento:** Se procedió a cortar en rodajas de 5 mm aproximadamente para asegurar un escaldado efectivo.
- e. **Escaldado:** Para prevenir el pardeamiento, se empleó un escaldado térmico con agua hirviendo utilizando  $95^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  con una proporción de muestra a agua de 1:5 (p/v), durante un período de 4 minutos (Campos et al. (2016)). Se determinó el contenido de humedad del yacón escaldado como datos referenciales.
- f. **Pulpeado:** Para poder romper la fibra se procedió a licuar, permitiendo así, obtener pulpa. Se procedió a pesar la pulpa obtenida para determinar la cantidad de insumos a adicionar a la mezcla y la cantidad que se llevaron a secar. Además, se realizó análisis fisicoquímicos a la pulpa.
- g. **Mezclado:** Se adicionó el agente espesante (AMF) según los tratamientos propuestos, las concentraciones fueron, 0% (Sin adición), 2% y 4%.
- h. **Moldeado:** Se dispondrá las mezclas obtenidas sobre las bandejas de secado, las cuales tuvieron acopladas papel encerado antiadherente. El moldeado se realizó en forma rectangular y procurando que el espesor de la pulpa sea de 3 mm aproximadamente y abarcando la mayor parte de la superficie de las bandejas.
- i. **Secado:** Se ejecutó mediante un deshidratador con flujo forzado de aire caliente. Se controló la temperatura (70 y 90 °C) según el diseño experimental propuesto. La operación terminó cuando se observó un producto con superficie seca, firme y no pegajosa.

- j. Pesado:** El producto obtenido se retira del equipo para ser pesado y dejado enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, registrando los datos en apuntes.
- k. Cortado:** Se procedió a realizar el corte de las láminas con la ayuda de un estilete, las dimensiones del corte son de 15 cm de largo por 10 cm de ancho.
- l. Empacado:** Se realizó de forma manual, envolviendo con papel mantequilla, formando grupos de 3 unidades y luego sellándolos en bolsas gofradas herméticas. Luego se almacena en lugares frescos, a temperatura ambiente y libre de humedad.

Una vez obtenido el producto, se almacenó y se realizó los análisis fisicoquímicos correspondientes para caracterizar el producto y evaluar el efecto de los factores de estudio.

En esta etapa, además, se evaluó la pérdida de humedad de los tratamientos en función del peso inicial durante el secado. Las láminas comestibles se secaron en un deshidratador de alimentos a temperaturas de 70 y 90 °C, según el diseño experimental, durante un máximo de 6.5 horas hasta alcanzar una superficie no pegajosa y firme. Para asegurar estas características, se verificó la superficie de cada tratamiento en distintos intervalos, controlando así el tiempo de secado. Se realizaron pesajes periódicos cada 30 minutos para medir la variación del peso del producto en función del tiempo (t horas), permitiendo obtener las curvas del progreso del secado. Los datos obtenidos fueron procesados y expresados en gráficos. En ensayos preliminares, se trabajó con 650g de pulpa por cada tratamiento, distribuidas en 2 bandejas, una con 300g y otra con 350g por cada tratamiento, encontrándose un tiempo de secado promedio por cada uno de los seis tratamientos (entre 3 a 7 horas).

El proceso para el desarrollo de láminas comestibles a base de pulpa de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) se representa en el siguiente diagrama de flujo:

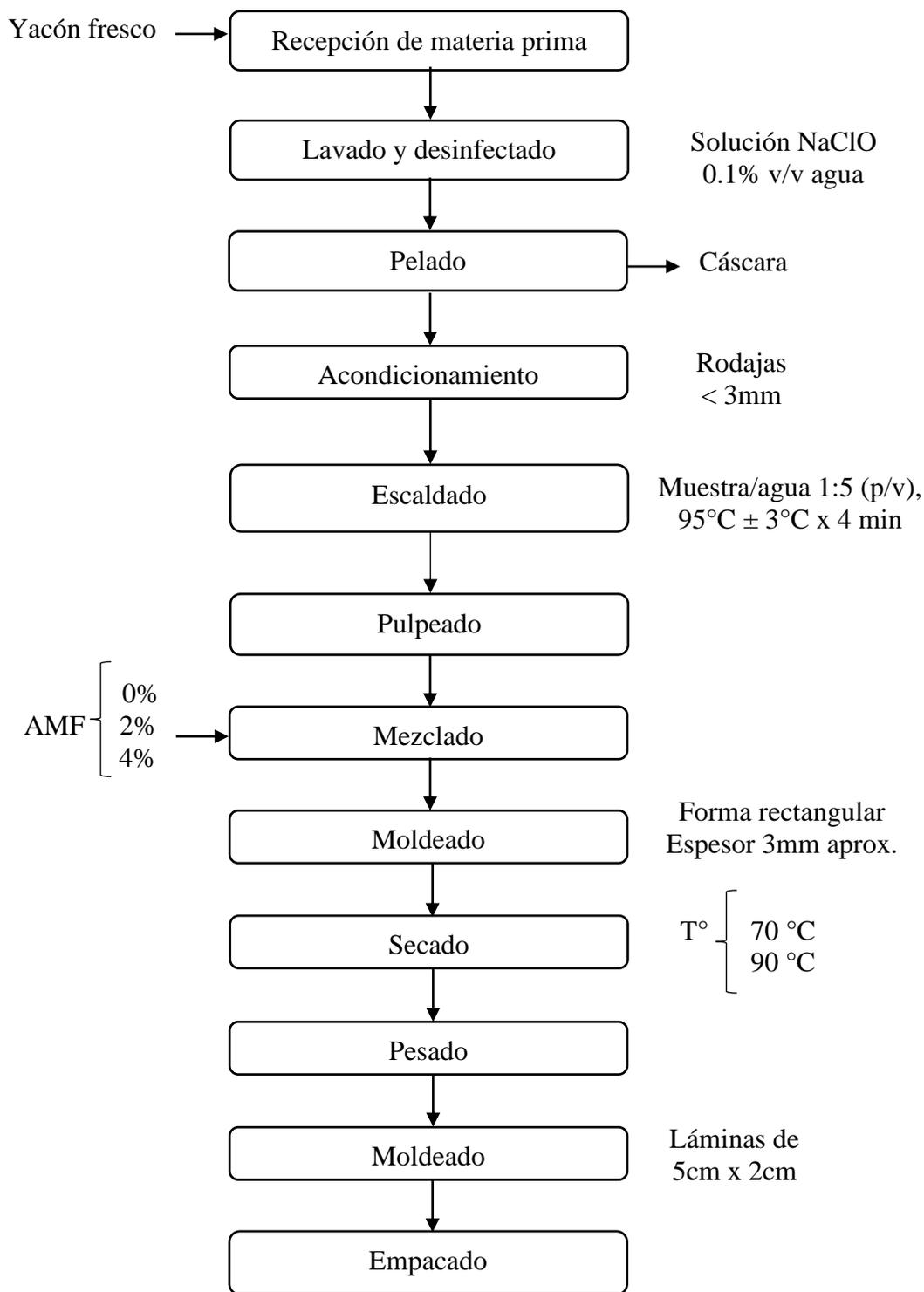


Figura 5. Diagrama del proceso de obtención de láminas comestibles a base de pulpa de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).

### **3.1.5.2.Etapa II: Evaluación sensorial y caracterización nutricional**

**Introducción del estudio y propósito:** Se llevó a cabo una presentación que detallaba el estudio en curso, el resultado alcanzado y el propósito de la evaluación sensorial.

**Preparación:** Se describió el procedimiento a seguir, proporcionando a cada participante una guía de evaluación junto con las instrucciones necesarias para completarla.

**Desarrollo:** Se entregaron a los participantes las muestras codificadas y un vaso de agua.

**Registro de datos:** Los datos recolectados se organizaron y anotaron en un formato específico para su posterior análisis.

### **3.1.6. Variables evaluadas**

En el estudio, las variables consideradas fueron:

- Concentración de AMF % (Variable independiente)
- Temperatura de secado (Variables independiente)
- Tiempo de secado (Variable independiente)
- % Humedad de la lámina comestible (Variable dependiente)
- Actividad de agua “Aw” (Variable dependiente)
- pH (Variable dependiente)
- % Acidez (Variable dependiente)
- Color en dimensiones: L\*, a\*, b\*, C y H° (Variables dependientes)
- Atributos sensoriales (Variables dependientes)
- Aceptabilidad general (Variable dependiente)
- Características Nutricionales (Variables dependientes)

### **3.1.7. Conducción del experimento**

#### **3.1.7.1.Etapa I: Desarrollo de láminas comestibles y evaluación fisicoquímica**

Primeramente, se acondicionó el yacón tal y como se indica en el punto 3.1.5.1., llegando a obtener pulpa de yacón a la cual se caracterizó fisicoquímicamente, para proceder con el

resto del proceso, ajustando las variables de control para cada uno de los 6 tratamientos de acuerdo con lo indicado en la tabla 7.

### **3.1.7.2. Etapa II: Evaluación sensorial y caracterización nutricional**

En esta etapa participaron 110 consumidores, se usó una cartilla CATA para describir el perfil sensorial, una escala hedónica de 9 puntos con anclajes extremos de “me disgusta mucho” a “me gusta mucho” (Anexo I) para evaluar la aceptabilidad de las láminas comestibles obtenidas bajo los tratamientos desarrollados.

Se entregó a los consumidores una ficha de CATA para que identifiquen los descriptores característicos para cada una de las muestras. Se utilizó 18 términos sensoriales, los términos fueron obtenidos y seleccionados a partir de diferentes estudios de investigación referentes a láminas comestibles (Castillo et al., 2023).

Cada muestra fue presentada a los panelistas en platos de plástico blanco, codificados con números aleatorios de tres cifras, y estaban acompañadas de agua de mesa a temperatura ambiente. Se les indicó a los panelistas enjuagar sus bocas con agua para minimizar cualquier efecto residual de las láminas comestibles. Además, las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente durante 24 horas antes del panel sensorial para asegurar condiciones óptimas de evaluación.

El desarrollo de nuevos productos implica un estudio sensorial que permite vincular la formulación del producto, las condiciones de almacenamiento y los parámetros de procesamiento con las respuestas de los consumidores y, por lo tanto, obtiene información sobre el potencial de comercialización de un producto. Habitualmente, la evaluación sensorial del cuero de la fruta se lleva a cabo mediante pruebas de aceptación, en las que los consumidores indican su grado de agrado o desagrado por el producto (da Silva et al., 2020).

En esta etapa, se buscó describir y comparar las muestras para seleccionar el tratamiento más aceptable sensorialmente, basado en los valores más altos deseables en términos de aceptabilidad. La conducción del experimento se muestra en la figura 6.

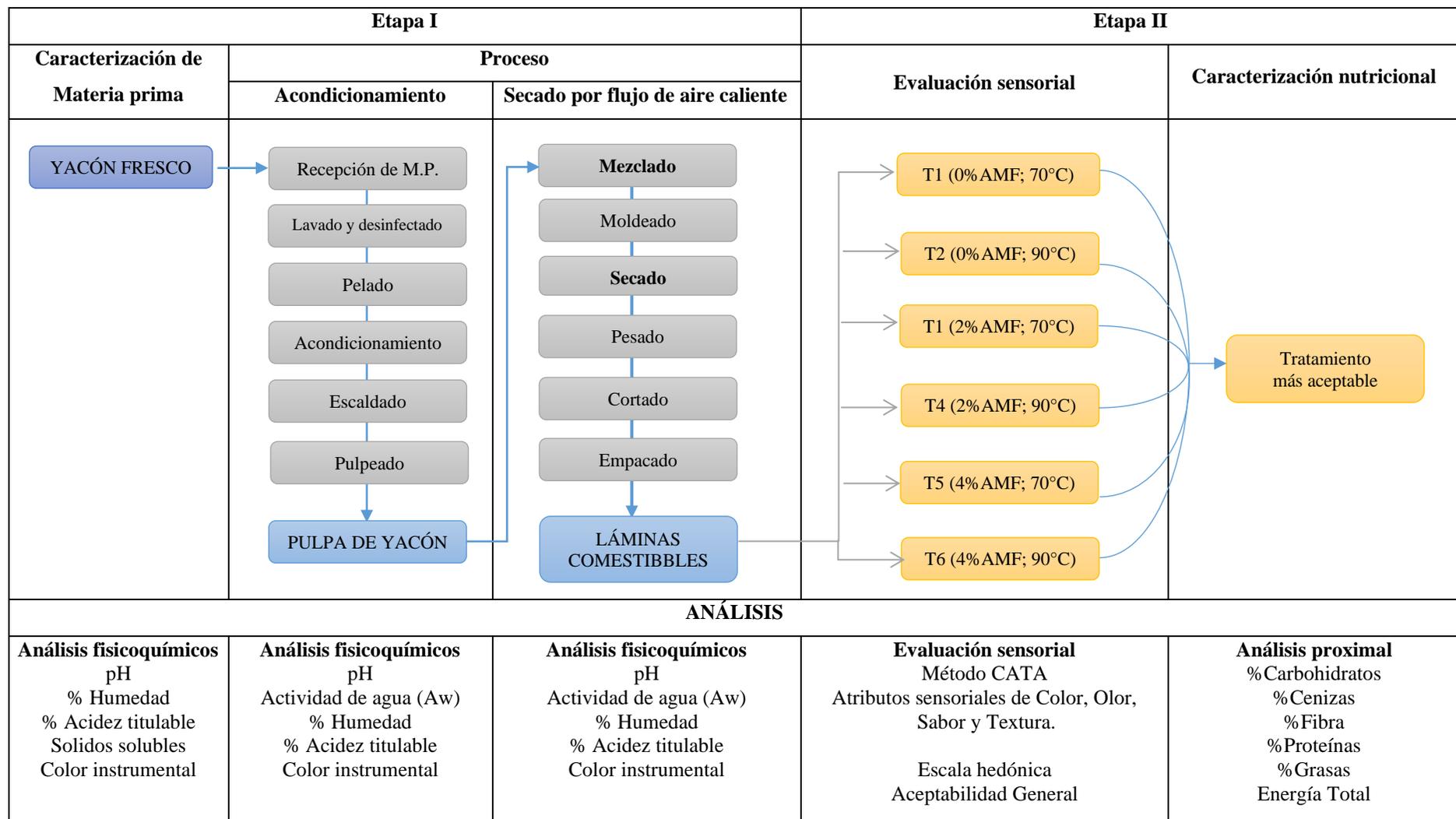


Figura 6: Esquema de la metodología experimental.

## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. Población**

En el estudio, la materia prima estaba conformada por un conjunto de yacón fresco que fue adquirido del mercado centenario “La parada” del distrito de Huacho, provincia de Huaura, departamento de Lima.

### **3.2.2. Muestra**

La selección de la muestra no dependió de la probabilidad, sino de las características y finalidad del estudio, siendo un muestreo no probabilístico. Las muestras se seleccionaron considerando dos propósitos:

- a. Para la ejecución de pruebas pilotos y ensayos para el desarrollo y obtención de las láminas comestibles se recolectó 30 kg de yacón fresco y 1 kg de agente espesante (AMF).
- b. Para hacer los análisis fisicoquímicos, sensoriales y nutricionales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón.

Durante el muestreo, se consideró la madurez ideal, junto con las características específicas de peso y tamaño, garantizando una uniformidad relativa acorde a los requisitos del proceso.

## **3.3. Técnicas de recolección de datos**

### **3.3.1.1. Análisis experimental**

#### **3.3.1.1.1. Análisis fisicoquímicos**

Acidez: Se analizó mediante titulación según lo recomendado por AOAC 942.15 (2005).

pH: Se analizó mediante un potenciómetro digital calibrando con buffer de 4.

Color instrumental: Mediante colorímetro PCE-CSM 3 con el sistema CIELAB, compuesto por los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ .  $C^*$  y  $H^\circ$  se estimaron mediante cálculo matemático.

Humedad: Se realizó mediante el método de la AOAC 925.10 (2005).

Sólidos solubles ( $^\circ$ Brix): Se realizó según el Método AOAC 932.12 (1990).

Actividad de agua ( $A_w$ ): Se realizó usando el equipo HP23-AW, Rotronic® medidor de  $A_w$ .

### **3.3.1.1.2. *Análisis sensorial***

Según la exhaustiva revisión bibliográfica de Rodrigues et al. (2023), las características sensoriales más investigados en los cueros (láminas) de fruta, fueron el color, el gusto, la textura y el sabor, destacando que, las láminas más aceptadas sensorialmente por los consumidores son las de mayor sabor a fruta, dulces, ligeramente acidificadas, masticables, textura blanda, menor dureza y sabor agradable en boca. De igual manera, “las características sensoriales más apreciables de los cueros de fruta son la superficie brillante del producto, el aroma, así también, como los sabores dulce y ácido” (Huang y Hsieh, 2006, citado por Rodrigues et al., 2023).

En esta investigación, para evaluar sensorialmente las láminas comestibles a base de pulpa de yacón se utilizó el método de pregunta Check-All-That-Apply “CATA” con 18 atributos sensoriales ("poco sabor", "sabor intenso", "no muy dulce", "dulce", "muy dulce", "irreconocible", "ligeramente ácido", "sabor persistente", “sin aroma”, “aroma suave”, “aroma intenso”, "fácil de masticar", "difícil de masticar", "se derrite en la boca", "elástico", "pegajoso", "superficie brillante", "superficie opaca") propiamente de este tipo de producto según la bibliografía (Castillo et al., 2023; Huang & Hsieh, 2006; Ramosa et al., 2017; Rodrigues et al., 2023), además se les pidió que marquen cuánto les gusta cada muestra a evaluar para obtener datos de aceptabilidad con una escala hedónica de 9 puntos (Anexo I).

### **3.3.1.1.3. *Análisis proximal***

Ceniza: NMX-F-066-S-1978. Determinación de Cenizas en Alimentos.

Humedad: NOM-116-SSA1-1994/Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.

Proteína: COVENIN 1195-1980/Alimentos. Determinación de nitrógeno. Método Kjeldahl.

Grasas: NMX-F-615-NORMEX-2018. Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet) en alimentos.

Fibra cruda: AOAC 962.09. 1982. Determinación de fibra cruda.

Energía total: Por Cálculo MS-INN Collazos 1993.

Carbohidratos: Por Diferencia MS-INN Collazos 1993.

### **3.4. Técnicas para el procesamiento de la información**

a. Clasificación y tabulación de datos capturados.

b. Análisis de datos obtenidos y procesamiento estadístico mediante los programas XLSTAT 2023 en Microsoft Excel y Minitab 19 en sus versiones de prueba.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos se detallan por cada etapa de la investigación como se presenta a continuación:

#### 4.1.1. Etapa I: Desarrollo de láminas comestibles y evaluación fisicoquímica

##### 4.1.1.1. Caracterización de la materia prima

A continuación, se muestra los resultados de análisis fisicoquímicos de la materia prima (yacón fresco) y a la pulpa obtenida tras su acondicionamiento siguiendo el proceso descrito en la figura 7.

Tabla 9. Caracterización de la materia prima

Característica	Materia prima $\bar{X} \pm \sigma$	Pulpa de yacón $\bar{X} \pm \sigma$
Humedad (%)	86.70 $\pm$ 0.83	89.57 $\pm$ 2.05
Sólidos solubles (°Brix)	10.68 $\pm$ 0.82	7.67 $\pm$ 1.65
Acidez (%)	0.22 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.02
pH	6.18 $\pm$ 0.12	6.62 $\pm$ 0.02
Aw	0.991 $\pm$ 0.00	0.992 $\pm$ 0.00
L*	74.73 $\pm$ 3.30	65.05 $\pm$ 1.06
a*	-1.63 $\pm$ 1.56	0.85 $\pm$ 0.64
b*	40.45 $\pm$ 1.30	65.30 $\pm$ 0.94
C	40.52 $\pm$ 1.21	65.31 $\pm$ 0.93
H	87.50 $\pm$ 2.04	89.24 $\pm$ 0.57

La pulpa de yacón tiene un porcentaje de humedad ligeramente mayor que el yacón en estado fresco, lo que puede deberse al proceso de escaldado que puede aumentar el contenido de agua en la pulpa. El escaldado es un tratamiento térmico que puede causar la ruptura de las células y la apertura de las fibras, permitiendo que el agua penetre más fácilmente en la estructura del tejido vegetal y a la vez se genere una pequeña pérdida de componentes sólidos solubles por lixiviación lo que podría hacer que el contenido de agua relativo aumente, ya que hay menos sólidos presentes.

La pulpa de yacón, después del escaldado, tiene mayor contenido de humedad y menor contenido de sólidos solubles y acidez. El pH de la pulpa es ligeramente más alto, lo que se

correlaciona con la menor acidez, esto puede deberse a la lixiviación de ácidos y su dilución en el medio de tratamiento térmico lo que pueden contribuir al aumento del pH.

El aumento en croma “C” sugiere que los colores son más vívidos en la pulpa de yacón. Este cambio puede ser atribuido a la concentración de ciertos pigmentos o a cambios en la estructura celular que afectan la percepción del color. El tono “H” apenas cambia, indicando que la naturaleza del color (el tipo de color) no cambia mucho, pero la intensidad y vivez del color sí lo hacen. Los parámetros de color (L\*, a\*, b\*, C y H) sugieren que el color de la pulpa de yacón es más oscuro, más amarillo y con colores más vívidos en comparación con el yacón en estado fresco.

Este análisis sugiere que el proceso de escaldado tiene un impacto notable en las características fisicoquímicas del yacón, especialmente en el contenido de humedad, sólidos solubles, acidez y color.

#### 4.1.1.2. Análisis fisicoquímicos del producto

##### 4.1.1.2.1. pH y Acidez de las láminas comestibles

En la tabla 10 se presenta los resultados obtenidos tras analizar el pH y % Acidez de los productos obtenidos bajo los 6 tratamientos propuestos en el experimento.

Tabla 10. Resultados del análisis de pH y % Acidez de los tratamientos

Tratamiento	AMF (%)	Temperatura (°C)	pH $\bar{X} \pm \sigma$	% Acidez* $\bar{X} \pm \sigma$
1	0	70	6.50 ± 0.08	0.35±0.02
2	0	90	6.29 ± 0.05	0.41±0.01
3	2	70	6.19 ± 0.03	0.33±0.00
4	2	90	6.20 ± 0.00	0.41±0.02
5	4	70	6.06 ± 0.07	0.36±0.00
6	4	90	6.03 ± 0.04	0.43±0.02

\* % Acidez expresado en ácido cítrico.

En la tabla 11 se presenta el análisis de varianza para evaluar el efecto de los factores sobre la variable pH de las láminas comestibles, se observa que ambos factores tienen un efecto significativo ( $p < 0.05$ ). En cambio, no hubo efecto significativo para la interacción entre factores.

Tabla 11. Análisis de varianza para pH vs. AMF (%); Temperatura (°C)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor p
Modelo	5	0.2965	0.0593	0.0008
AMF (%)	2	0.2499	0.1250	0.0002 *
Temperatura (°C)	1	0.0192	0.0192	0.0363 *
AMF (%) *Temperatura (°C)	2	0.0273	0.0137	0.0503 ns
Error	6	0.0160	0.0027	
Total	11	0.3124		

ns. = no significativo, \* = significativo

Tabla 12. Resumen del modelo para medias de pH.

S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajust.)	R <sup>2</sup> (pred.)
0.0516	94.88%	90.62%	79.53%

La tabla 12 sugiere que el modelo se ajusta muy bien para analizar y explicar el experimento ( $R^2 > 90\%$ ). La figura 7 representa gráficamente el efecto de los factores sobre el pH de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón.

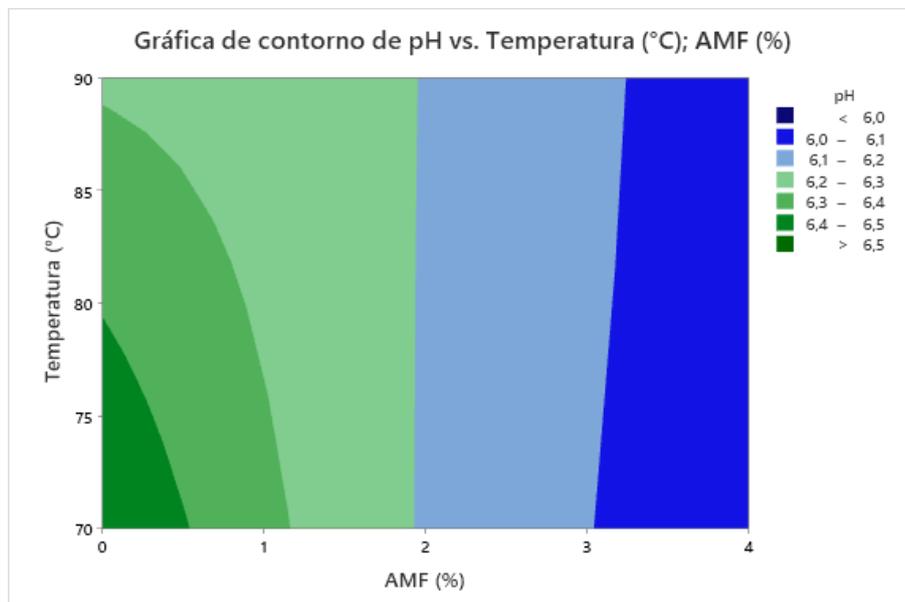


Figura 7. Gráfica de contorno de pH vs. factores.

En la tabla 13 se presenta el análisis de varianza para evaluar el efecto de los factores sobre la variable %Acidez de las láminas comestibles, se observa que el factor Temperatura tiene un efecto significativo ( $p < 0.05$ ). En cambio, no hubo efecto significativo para la concentración del agente espesante (%AMF) ni para la interacción entre factores.

Tabla 13. Análisis de varianza para % Acidez vs. AMF (%); Temperatura (°C)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor p
Modelo	5	0.0131	0.0026	0.0024
AMF (%)	2	0.0010	0.0005	0.1250 ns
Temperatura (°C)	1	0.0118	0.0118	0.0002 *
AMF (%)*Temperatura (°C)	2	0.0002	0.0001	0.5747 ns
Error	6	0.0010	0.0002	
Total	11	0.0141		

ns. = no significativo, \* = significativo

La tabla 14 sugiere que el modelo se ajusta muy bien para analizar y explicar el experimento ( $R^2 > 90\%$ ).

Tabla 14. Resumen del modelo para medias de %Acidez

S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajust.)	R <sup>2</sup> (pred.)
0.0131	92.69%	86.60%	70.75%

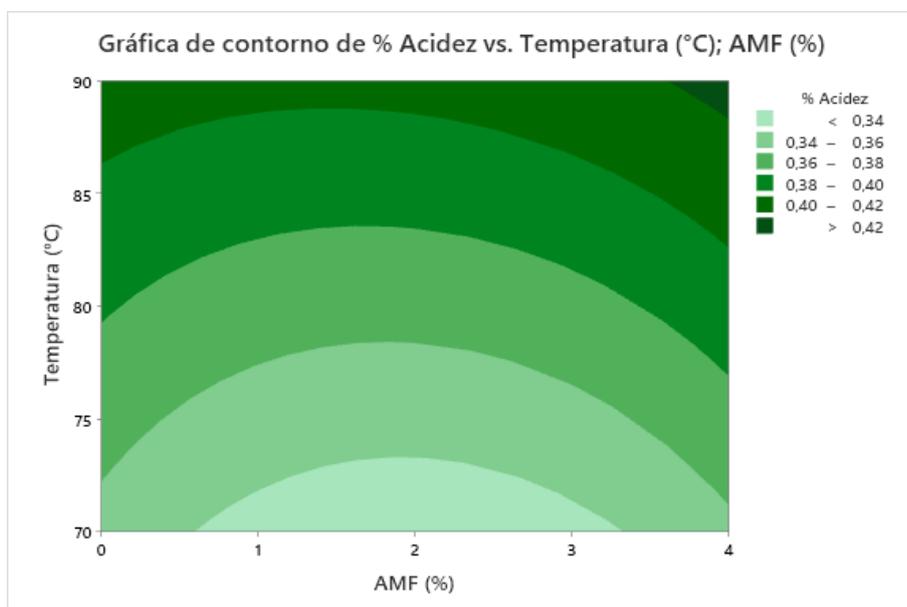


Figura 8. Gráfica de contorno %Acidez vs. factores.

La figura 8 representa gráficamente el efecto de los factores sobre el pH de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón. A medida que la temperatura aumenta hacia 90°C, la acidez aumenta, alcanzando valores cercanos a 0.40% en algunas zonas, especialmente en las regiones verdes del gráfico. Así mismo se puede observar el efecto no significativo del

agente espesante (%AMF) que mantiene una tonalidad casi uniforme desde 0 a 4 en el eje x representado por el color azul.

#### 4.1.1.2.2. *Parámetros colorimétricos de las láminas comestibles*

En la tabla 15 se presenta los resultados obtenidos tras la medición del color de los tratamientos haciendo uso de un colorímetro, el cual capturó valores de L\*, a\*, b\*, C y H.

Tabla 15. Resultados del análisis de parámetros colorimétricos de los tratamientos

AMF (%)	Temperatura (°C)	L* $\bar{X} \pm \sigma$	a* $\bar{X} \pm \sigma$	b* $\bar{X} \pm \sigma$	C $\bar{X} \pm \sigma$	H $\bar{X} \pm \sigma$
0	70	65.96±0.38	5.25±0.08	31.82±0.18	32.3±0.19	80.6±0.09
0	90	70.40±0.10	4.80±0.02	36.66±0.13	37.0±0.12	82.6±0.04
2	70	69.07±0.77	3.60±0.03	34.77±0.39	35.0±0.39	84.1±0.01
2	90	69.69±0.04	4.43±0.20	36.09±0.03	36.4±0.05	83.0±0.30
4	70	72.83±0.21	2.98±0.03	34.44±0.19	34.6±0.19	85.1±0.02
4	90	68.27±0.59	2.92±0.04	30.70±0.26	30.8±0.26	84.6±0.12

En la tabla 16 se presenta el ANOVA evaluando el efecto de los factores sobre la variable L\* (Luminosidad) de las láminas comestibles y se observa que el factor Temperatura no tiene un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en el rango de control (70-90 °C).

Tabla 16 Análisis de varianza para L\* (Luminosidad) vs. AMF (%); Temperatura (°C)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor p
Modelo	5	52.1402	10.4280	0.0001
AMF (%)	2	11.2186	5.6093	0.0008 *
Temperatura (°C)	1	0.0833	0.0833	0.5322 ns
AMF (%) *Temperatura (°C)	2	40.8383	20.4191	<0.0000 *
Error	6	1.1390	0.1898	
Total	11	53.2792		

ns. = no significativo, \* = significativo

La tabla 17 sugiere que el modelo se ajusta muy bien para analizar y explicar el experimento ( $R^2 > 90\%$ ).

Tabla 17. Resumen del modelo para medias de L\*

S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajust.)	R <sup>2</sup> (pred.)
0.4357	97.86%	96.08%	91.45%

La figura 9 permite entender cómo se comportan los factores sobre el parámetro L\* que en términos prácticos representa la luminosidad y/o claridad de las láminas comestibles. Con el aumento de AMF (de 0% a 4%), la luminosidad tiende a aumentar a 70°C, pero a 90°C, la luminosidad disminuye ligeramente con 4% AMF en comparación con 2% AMF. La luminosidad decrece considerablemente en ausencia de AMF y a temperaturas cercanas a 70 °C lo que sugiere que el %AMF mejora y favorece al incremento del parámetro L\* en las láminas comestibles a base de yacón.

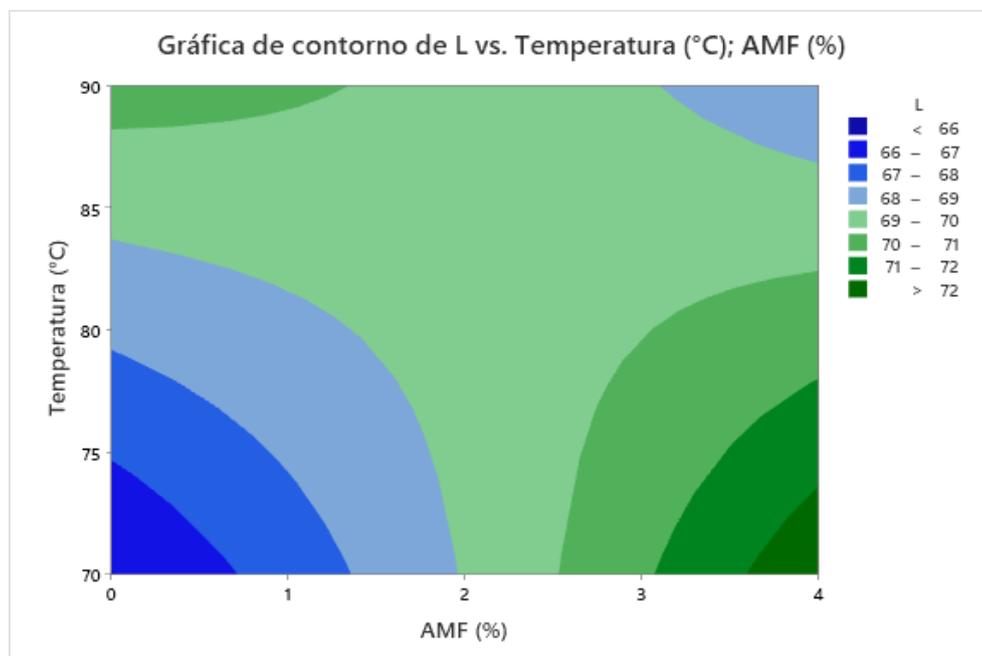


Figura 9. Gráfica de contorno de L\* (Luminosidad) vs. factores.

En la tabla 18 se presenta el ANOVA evaluando el efecto de los factores sobre la variable a\* (rojo a verde) de las láminas comestibles y se observa que la Temperatura tiene un efecto no significativo ( $p > 0.05$ ) en el rango de control (70-90 °C).

Tabla 18. ANOVA para a\* (rojo a verde) vs. AMF (%); Temperatura (°C)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor p
Modelo	5	9.4529	1.8906	<0.0000
AMF (%)	2	8.5583	4.2791	<0.0000 *
Temperatura (°C)	1	0.0348	0.0348	0.0872 ns
AMF (%) *Temperatura (°C)	2	0.8598	0.4299	0.0002 *
Error	6	0.0501	0.0084	
Total	11	9.5030		

ns. = no significativo, \* = significativo

Tabla 19. Resumen del modelo para medias de parámetro a\*

S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajust.)	R <sup>2</sup> (pred.)
0.0914	99.47%	99.03%	97.89%

La figura 10 permite entender cómo se comportan los factores sobre el parámetro a\* que en términos prácticos representa las coordenadas que van desde rojo (+a\*) a verde (-a\*) de las láminas comestibles. La temperatura más alta (90°C) no parece tener un efecto consistente en el valor a\* en comparación con los tratamientos a 70°C con el mismo %AMF indicándose así el efecto no significativo de la temperatura en el rango de 70 a 90 °C. El parámetro a\* disminuye con el aumento del % AMF a ambas temperaturas, indicando una reducción en la intensidad del componente rojo.

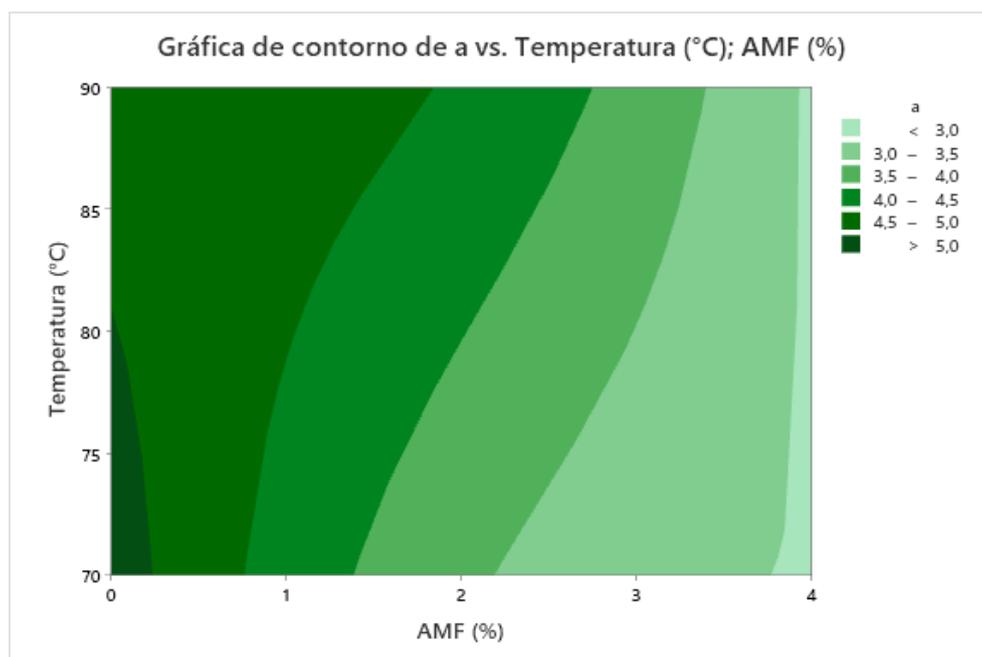


Figura 10. Gráfica de contorno de a\* (rojo a verde) vs. factores.

En la siguiente tabla se presenta el ANOVA evaluando el efecto de los factores sobre la variable  $b^*$  (amarillo a azul) de las láminas comestibles y se observa que los factores y la interacción tienen un efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Tabla 20. Análisis de varianza para  $b^*$  (amarillo a azul) vs. AMF (%); Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor p
Modelo	5	55.6787	11.1357	<0.0000
AMF (%)	2	16.5149	8.2575	<0.0000 *
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	1	1.9334	1.9334	0.0008 *
AMF (%) * Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	2	37.2304	18.6152	<0.0000 *
Error	6	0.3067	0.0511	
Total	11	55.9853		

\* = significativo

Tabla 21. Resumen del modelo para medias de parámetro  $b^*$

S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajust.)	R <sup>2</sup> (pred.)
0.2261	99.45%	99.00%	97.81%

La figura 11 permite entender cómo se comportan los factores sobre el parámetro  $b^*$  que en términos prácticos representa las coordenadas que van desde amarillo ( $+b^*$ ) a azul ( $-b^*$ ) de las láminas comestibles. El valor  $b^*$  aumenta al incrementar la temperatura de  $70^{\circ}\text{C}$  a  $90^{\circ}\text{C}$  en ausencia de AMF (T1 a T2). Con el aumento de AMF, el valor  $b$  muestra una ligera disminución a  $90^{\circ}\text{C}$  (T4 a T6), pero se mantiene relativamente constante a  $70^{\circ}\text{C}$ .

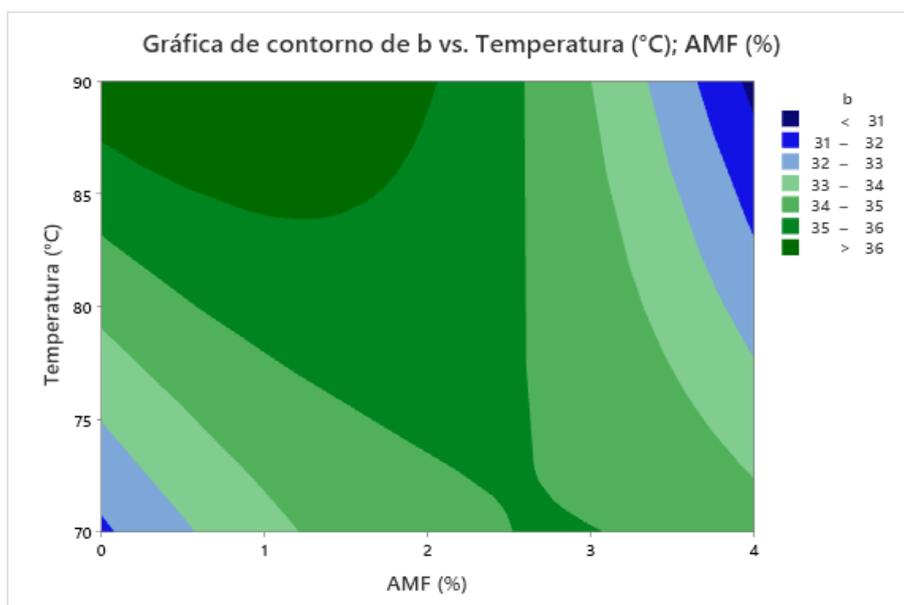


Figura 11. Gráfica de contorno de  $b^*$  (amarillo a azul) vs. factores.

A continuación, presenta el ANOVA evaluando el efecto de los factores sobre la variable C (Croma) de las láminas comestibles y se observa que los factores y la interacción tienen un efecto significativo ( $p < 0.05$ ), debido a que el croma

Tabla 22. Análisis de varianza para C (Croma) vs. AMF (%); Temperatura (°C)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor p
Modelo	5	56.1741	11.2348	<0.0000
AMF (%)	2	17.9686	8.9843	<0.0000 *
Temperatura (°C)	1	1.8999	1.8999	0.0009 *
AMF (%)*Temperatura (°C)	2	36.3056	18.1528	<0.0000 *
Error	6	0.3104	0.0517	
Total	11	56.4845		

\* = significativo

Tabla 23. Resumen del modelo para medias del parámetro C.

S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajust.)	R <sup>2</sup> (pred.)
0.2261	99.45%	99.00%	97.81%

La figura 12 permite explicar cómo se comportan los factores sobre el parámetro C (croma) que en términos prácticos representa la medida de la pureza, saturación, o croma, del color de las láminas comestibles y está influenciado por los parámetros a\* y b\*.

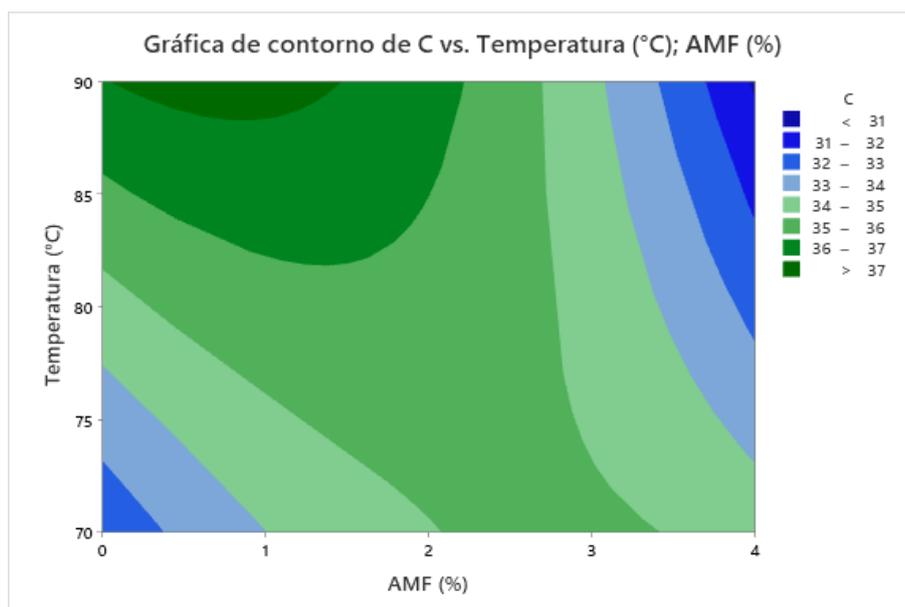


Figura 12. Gráfica de contorno de C (croma) vs. factores.

Según la figura 12, el croma aumenta con la temperatura a 0% AMF. Con el aumento del %AMF, el croma tiende a disminuir a ambas temperaturas, lo que indica que los colores se vuelven menos saturados con más AMF.

Este análisis se relaciona con los hallazgos encontrados para el parámetro  $b^*$ , puesto que, ambos parámetros están relacionados, el croma (C) es una medida de la saturación del color. Los comportamientos de los parámetros  $b^*$  y C son similares ya que ambos están relacionados con la intensidad y la saturación del color. Un aumento en el valor  $b^*$  generalmente resulta en un aumento del croma, indicando colores más vívidos y saturados. Por otro lado, un aumento en la concentración de AMF a altas temperaturas reduce tanto  $b^*$  como C, disminuyendo la intensidad y la saturación del color amarillo.

En la siguiente tabla se presenta el ANOVA evaluando el efecto de los factores sobre la variable H (tonalidad) de las láminas comestibles y se observa que la Temperatura tiene un efecto no significativo ( $p > 0.05$ ) en el rango de control (70-90 °C).

Tabla 24. Análisis de varianza para H (tonalidad) vs. AMF (%); Temperatura (°C)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor p
Modelo	5	26.1917	5.2383	0.0000
AMF (%)	2	20.9978	10.4989	0.0000 *
Temperatura (°C)	1	0.0424	0.0424	0.1871 ns
AMF (%) * Temperatura (°C)	2	5.1515	2.5758	0.0000 *
Error	6	0.1149	0.0191	
Total	11	26.3066		

ns. = no significativo, \* = significativo

Tabla 25. Resumen del modelo para medias de parámetro H.

S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajust.)	R <sup>2</sup> (pred.)
0.1384	99.56%	99.20%	98.25%

La figura 13 permite entender cómo se comportan los factores sobre el parámetro H, el cual se entiende como “tono”, “tonalidad” y/o “matiz”. Representa los colores primarios (rojo, verde, azul) con todos los matices intermedios.

El tono (h) se incrementa con el aumento del %AMF a ambas temperaturas, esto indica un cambio en el matiz del color, haciéndose más amarillo a medida que aumentan la concentración de AMF y ligeramente a mayores temperaturas.

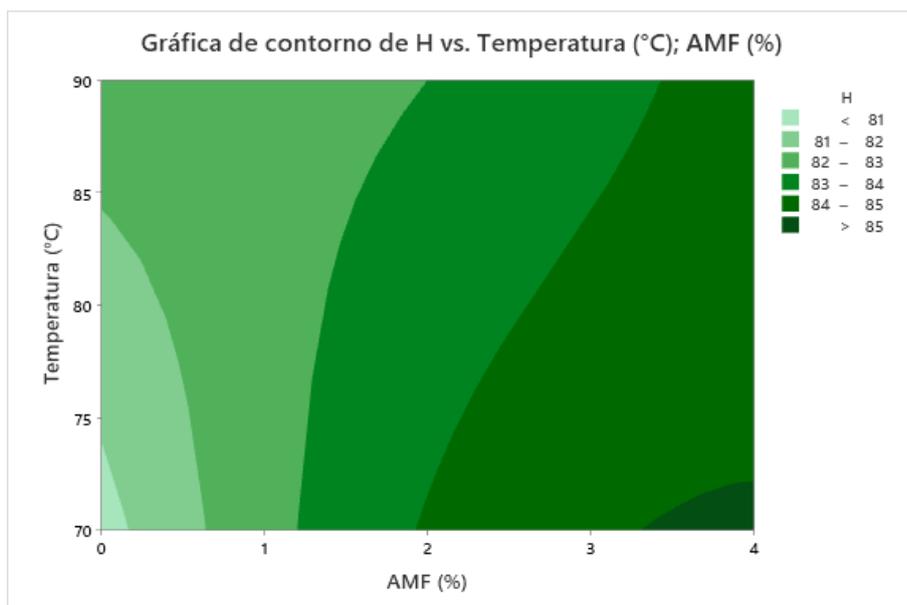


Figura 13. Gráfica de contorno de H (tonalidad) vs. factores.

#### 4.1.1.2.3. Humedad y Aw de las láminas comestibles

En la tabla 26 se presenta los resultados obtenidos tras analizar la actividad de agua y el contenido de humedad de los productos obtenidos bajo los 6 tratamientos propuestos en el experimento.

Tabla 26. Resultados del análisis de Humedad y Aw de los tratamientos

Tratamiento	AMF (%)	Temperatura (°C)	% Humedad $\bar{X} \pm \sigma$	Aw $\bar{X} \pm \sigma$
1	0	70	8.09±0.03	0.351±0.004
2	0	90	6.55±0.07	0.313±0.014
3	2	70	9.56±0.53	0.420±0.011
4	2	90	7.78±0.64	0.348±0.013
5	4	70	12.30±0.46	0.510±0.034
6	4	90	9.88±0.18	0.399±0.020

Las láminas comestibles se secaron en un deshidratador de alimentos a una temperatura de 70 y 90 °C durante aproximadamente 6.5 horas como máximo, hasta que estuvieron completamente secas, lo que se indicaba por una superficie no pegajosa y firme. Para cumplir con dichas características, se verificó la superficie de cada tratamiento en diferentes tiempos, por lo que se controló el tiempo de secado, tal y como se presenta en la figura 16.

El tratamiento 2 presentó el menor contenido de humedad y a la vez la mas baja disponibilidad de agua (Aw). Por otro lado, el tratamiento 5 presentó mayores valores de %Humedad y Aw, debido al efecto de los factores como se explican a continuación.

En la tabla 27 se analizó el efecto de los factores sobre el % Humedad de las láminas comestibles y se observa que ambos factores tienen un efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Tabla 27. Análisis de varianza para %Humedad vs. AMF (%); Temperatura (°C)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor p
Modelo	5	40.5360	8.1072	0.0001
AMF (%)	2	29.1568	14.5784	0.0000 *
Temperatura (°C)	1	10.9586	10.9586	0.0002 *
AMF (%) * Temperatura (°C)	2	0.4205	0.2103	0.3311 ns
Error	6	0.9438	0.1573	
Total	11	41.4798		

ns. = no significativo, \* = significativo

Tabla 28. Resumen del modelo para medias del % Humedad

S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajust.)	R <sup>2</sup> (pred.)
0.3966	97.72%	95.83%	90.90%

La siguiente figura muestra cómo el porcentaje de agente espesante (AMF) y la Temperatura de secado afectan el % Humedad de las láminas comestibles.

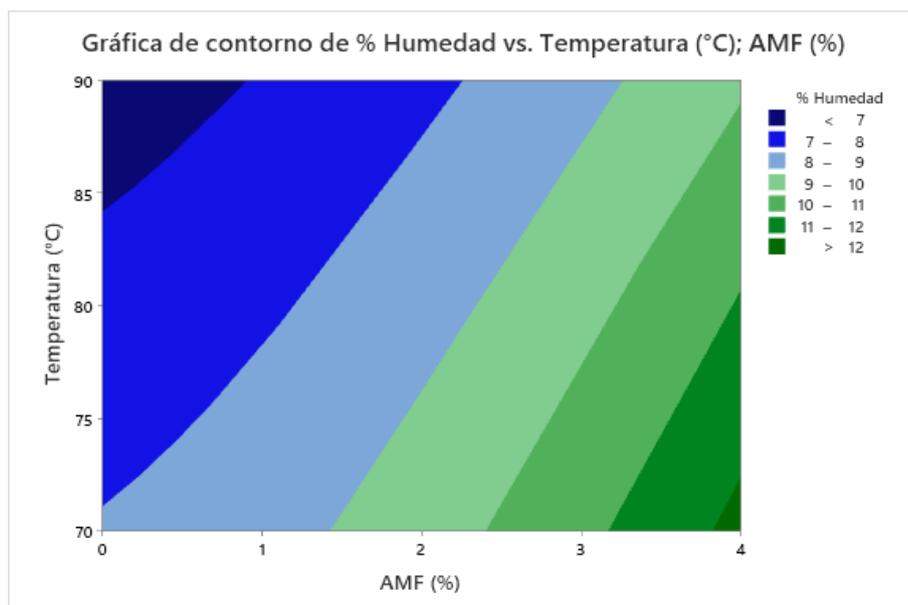


Figura 14. Gráfica de contorno del %Humedad.

Cuando se incrementa el %AMF, la humedad del alimento aumenta debido a las propiedades físicas del AMF que retienen agua. Por otro lado, al aumentar la temperatura de secado, la humedad del alimento disminuye ya que el secado es más eficiente y provoca una mayor evaporación del agua. Se observa también que, a bajas temperaturas y con mayor AMF, la humedad es alta, mientras que, a altas temperaturas, incluso con mayor AMF, la humedad es disminuye levemente. Para obtener un alimento con baja humedad, se recomienda usar altas temperaturas y una baja cantidad de AMF, mostrando así la importancia de controlar ambos factores para lograr el nivel deseado de humedad en el producto final.

El ANOVA evaluando el efecto de los factores sobre la actividad de agua ( $A_w$ ) de las láminas comestibles se muestra en la tabla 29 y se observa que ambos factores tienen un efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Tabla 29. Análisis de varianza para la  $A_w$  vs. AMF (%); Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	5	0.0490	0.0098	0.0004
AMF (%)	2	0.0301	0.0151	0.0003 *
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	1	0.0162	0.0162	0.0005 *
AMF (%) * Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	2	0.0026	0.0013	0.0843 ns
Error	6	0.0021	0.0003	
Total	11	0.0510		

ns. = no significativo, \* = significativo

Tabla 30. Resumen del modelo para medias de la  $A_w$

<b>S</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> (ajust.)</b>	<b>R<sup>2</sup> (pred.)</b>
0.0185	95.97%	92.62%	83.89%

La gráfica de contorno de la figura 15 muestra que el porcentaje de agente espesante (AMF) y la Temperatura de secado afectan la actividad de agua ( $A_w$ ) de un alimento después del secado. A medida que aumenta el AMF, también aumenta la  $A_w$  porque el AMF retiene agua, incrementando su disponibilidad en el alimento. En contraste, al aumentar la temperatura, la  $A_w$  disminuye debido a una mayor evaporación del agua.

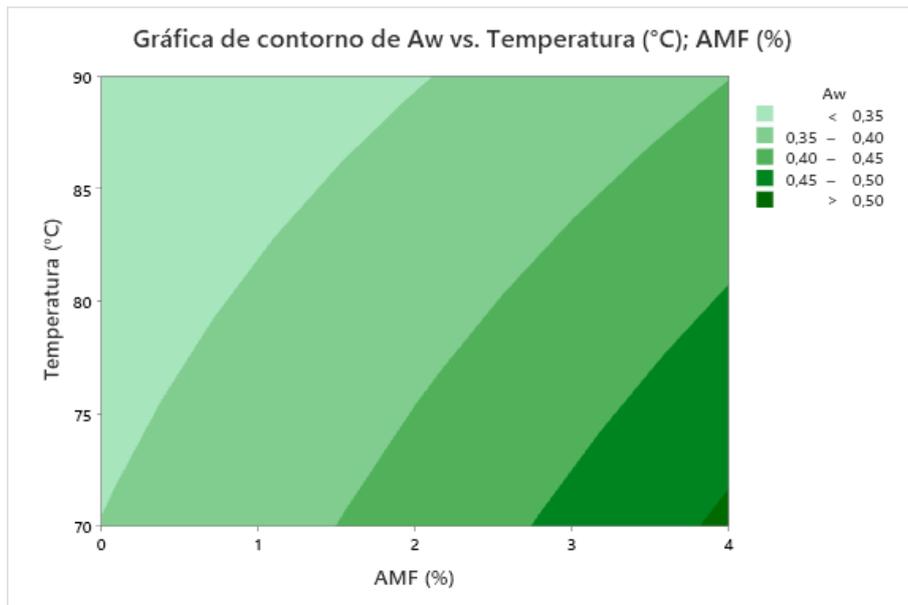


Figura 15. Gráfica de contorno de Aw.

Durante el desarrollo y obtención de este producto con baja Humedad y Aw, es recomendable elegir cuidadosamente tanto la Temperatura de secado y una adecuada cantidad de adición de AMF sobre la pulpa a secar. Esto resalta la importancia de controlar ambos factores para lograr el nivel deseado de Aw en el producto final, asegurando su estabilidad y seguridad.

Así mismo, se pudo obtener curvas del progreso del secado expresados la figura 16. Los cálculos se basaron en secar entre 300g y 350g de pulpa en cada bandeja hasta obtener un producto con superficie completamente seca, por lo que se registró el tiempo de secado para cada tratamiento, siendo el tratamiento 5 con mayor tiempo de secado (7 horas).

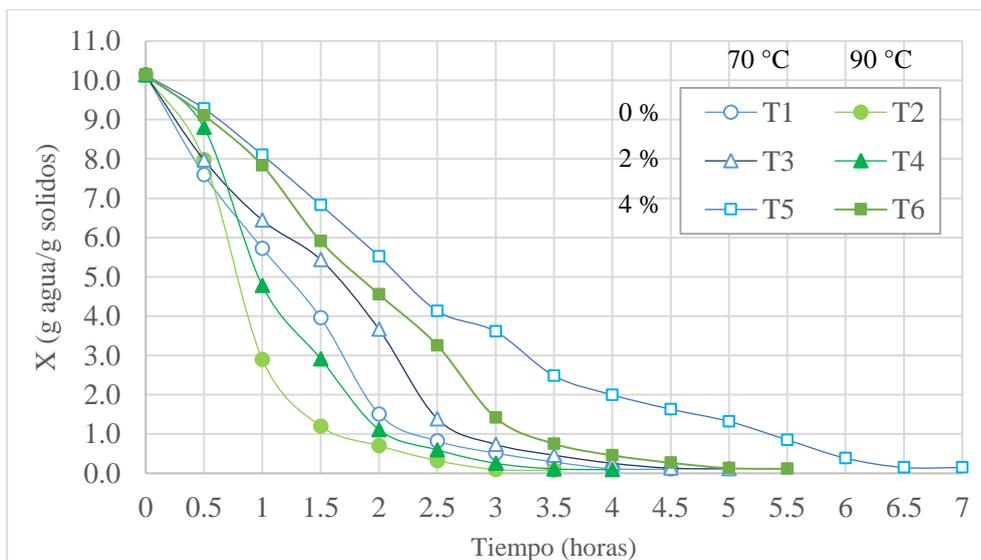


Figura 16. Curva de humedad en base seca vs. tiempo.

Respecto a la temperatura y su efecto, en la figura anterior se puede notar que, T2, T4 y T6 (90°C) alcanzan una pérdida de humedad más rápida y se estabilizan antes que las curvas de 70°C, lo que indica que el secado a mayor temperatura es más eficiente y alcanzan una mayor pérdida de humedad en menor tiempo.

Respecto al efecto del agente espesante, el 0% AMF (T1, T2): Ambas curvas muestran una rápida pérdida de humedad inicial. Sin embargo, T2 (90°C) alcanza una mayor pérdida de humedad más rápidamente que T1 (70°C). Al 2% AMF (T3, T4): La presencia del 2% de AMF ralentiza ligeramente la pérdida de humedad en comparación con los tratamientos sin AMF. T4 (90°C) sigue siendo más eficiente que T3 (70°C). Al 4% AMF (T5, T6): Con el 4% de AMF, la pérdida de humedad es aún más lenta, especialmente en T5 (70°C). T6 (90°C) muestra una mayor pérdida de humedad, pero de manera más gradual que T4 y T2.

#### 4.1.2. Etapa II: Evaluación sensorial y caracterización nutricional

##### 4.1.2.1. Evaluación sensorial

##### 4.1.2.1.1. Análisis de datos sociodemográficos

El análisis de los datos sociodemográficos de los 110 participantes encuestados, referentes a género, edad y nivel socioeconómico, obtenidos por análisis de distribución de frecuencias se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 31. Datos sociodemográficos de los participantes

Datos	n	%
<b>Sexo</b>		
F	61	55.45
M	49	44.55
<b>Edad</b>		
17-24	91	82.73
25-30	16	14.55
31-40	2	1.81
>40	1	0.91
<b>Nivel Socio Económico</b>		
Bajo	31	28.18
Medio	73	66.36
Alto	6	5.45

Respecto a la participación en las preguntas CATA, en el análisis estadístico de los encuestados, se muestra que el 55.45 % fueron del género femenino y el 44.55% fue del género masculino, siendo casi equilibrado pero un poco mayor la participación del género

femenino en la evaluación, esto se debe a que los participantes evaluados fueron estudiantes de la presente casa de estudios y se puede inferir que existe una mayor cantidad de alumnas. En cuanto a la edad de los encuestados, estos oscilaron en su mayoría entre 17 y 24 años de edad, representando un 82.73 % del total. Estos resultados se debieron a que la encuesta se realizó en las instalaciones universitarias, donde la mayoría son jóvenes. Del total de encuestados la mayor parte reportó pertenecer a un nivel socioeconómico medio 66.36%.

#### 4.1.2.1.2. Análisis CATA para describir el producto

En la figura 17 se puede observar una detección de los evaluadores que han verificado mucho más o menos que los demás. En este caso, la mayoría de los participantes verificaron entre el 25% y el 42% de las veces delimitados por los límites inferior y superior respectivamente, la distribución sugiere que la mayoría de los participantes están comprendidos dentro de este rango, es decir, marcaron una similar cantidad de atributos sensoriales entre todas las propuestas.

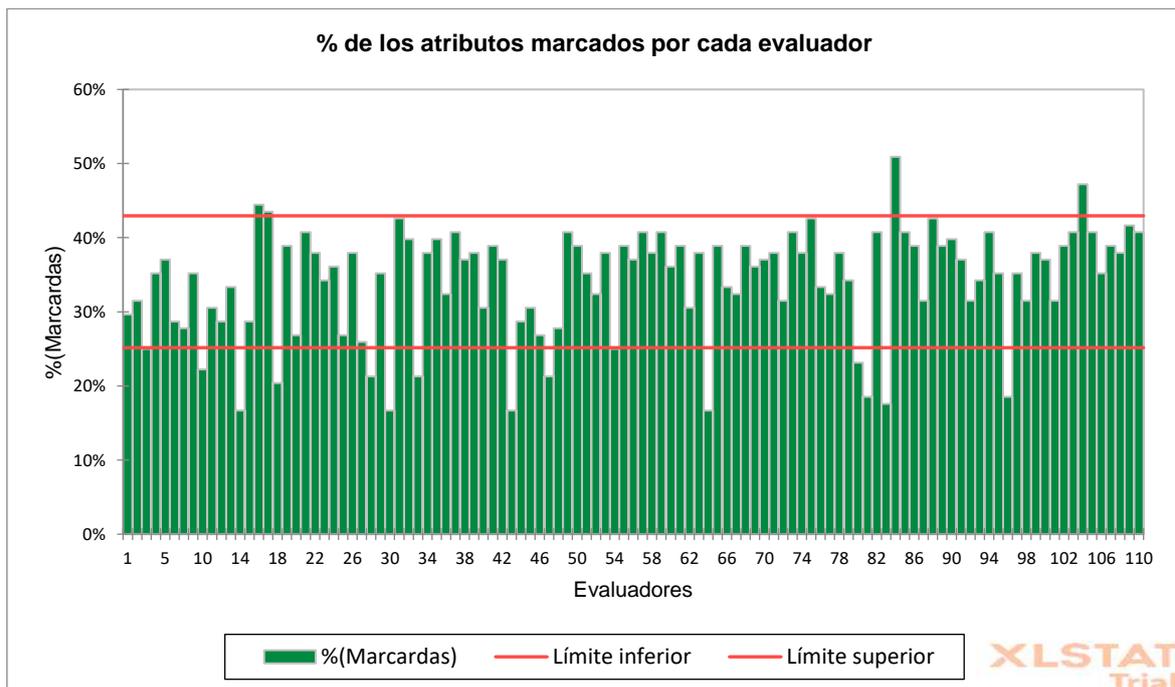


Figura 17. Frecuencia de los atributos sensoriales marcados por los participantes.

En la tabla 32, se presentan los resultados de la prueba Q Corchran mediante el método CATA de atributos sensoriales, y se pudo observar que los 18 descriptores evaluados mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las muestras evaluadas (tratamientos). En cuanto a los atributos estudiados, se identificaron patrones notables entre las diferentes muestras y se representa gráficamente en la figura 18.

Tabla 32. Prueba de Q Cochran de los descriptores sensoriales evaluados mediante preguntas CATA

Muestras/Atributos	valores-p	223 (T1)	789 (T2)	142 (T3)	988 (T4)	494 (T5)	607 (T6)
Sin aroma	<0.0001	0.257 (a)	0.284 (a)	0.578 (bc)	0.220 (a)	0.661 (c)	0.404 (ab)
Aroma suave	<0.0001	0.725 (d)	0.642 (cd)	0.358 (ab)	0.633 (cd)	0.284 (a)	0.486 (bc)
Aroma intenso	0.002	0.009 (a)	0.064 (ab)	0.028 (a)	0.110 (b)	0.028 (a)	0.083 (ab)
Elástico	<0.0001	0.119 (a)	0.128 (ab)	0.266 (bc)	0.257 (abc)	0.349 (c)	0.275 (c)
Pegajoso al tacto	<0.0001	0.661 (c)	0.532 (bc)	0.459 (b)	0.431 (ab)	0.275 (a)	0.385 (ab)
Superficie brillante	0.006	0.275 (a)	0.294 (ab)	0.294 (ab)	0.450 (b)	0.394 (ab)	0.413 (ab)
Superficie opaca	0.009	0.514 (a)	0.495 (a)	0.523 (a)	0.358 (a)	0.413 (a)	0.385 (a)
Poco sabor	<0.0001	0.486 (ab)	0.413 (ab)	0.761 (c)	0.339 (a)	0.817 (c)	0.560 (b)
Sabor intenso	<0.0001	0.257 (b)	0.349 (b)	0.083 (a)	0.367 (b)	0.064 (a)	0.257 (b)
No muy dulce	<0.0001	0.477 (ab)	0.312 (a)	0.642 (bc)	0.339 (a)	0.670 (c)	0.459 (a)
Dulce	<0.0001	0.404 (c)	0.394 (c)	0.165 (ab)	0.385 (c)	0.110 (a)	0.321 (bc)
Muy dulce	<0.0001	0.046 (a)	0.193 (c)	0.009 (a)	0.165 (bc)	0.028 (a)	0.064 (ab)
Ligeramente ácido	0.001	0.037 (a)	0.064 (ab)	0.037 (a)	0.110 (ab)	0.165 (b)	0.110 (ab)
Fácil de masticar	<0.0001	0.688 (c)	0.651 (c)	0.174 (a)	0.798 (c)	0.073 (a)	0.385 (b)
Difícil de masticar	<0.0001	0.257 (a)	0.303 (a)	0.752 (c)	0.147 (a)	0.881 (c)	0.532 (b)
Se derrite en la boca	<0.0001	0.376 (c)	0.303 (bc)	0.183 (ab)	0.257 (bc)	0.064 (a)	0.220 (abc)
Sabor Persistente	<0.0001	0.257 (ab)	0.312 (ab)	0.183 (a)	0.495 (c)	0.183 (a)	0.422 (bc)
Adherente	<0.0001	0.422 (ab)	0.294 (a)	0.514 (b)	0.312 (a)	0.587 (b)	0.495 (b)

La figura 18 presenta el mapa sensorial obtenido a partir del análisis de correspondencia, diseñado para describir sensorialmente los tratamientos estudiados. Las dos primeras dimensiones explicaron el 94.93 % de la variabilidad total de los datos. Los tratamientos, en relación con los atributos sensoriales, revelaron la formación de cuatro grupos distintos: el primer grupo (A) está compuesto por las muestras 223 y 789, que representan a los tratamientos T1 y T2 respectivamente, las cuales no contienen adición de %AMF y ese aspecto podría originar que se comparta similares atributos sensoriales como un aroma suave, dulce, derretirse en la boca, ser pegajoso al tacto y fácil de masticar. El segundo grupo (B), conformado por la muestra 142 (T3) y 494 (T5) se asocia a atributos como poco sabor, no muy dulce, adherente, sin aroma y difícil de masticar; este grupo comparte en común la misma temperatura de secado (70°C) pero diferente concentración de AMF (2-4%) lo que podría interpretarse que a la concentración del agente espesante no tiene un efecto significativo en aspectos sensoriales cuando es expuesto a un secado de 70 °C. El tercer grupo (C), integrado por la muestra 607 (T6), presenta una superficie brillante y elástico, esto podría asociarse a la alta concentración del agente espesante (4% AMF). Finalmente, el cuarto grupo (D) presenta un aroma intenso, sabor persistente y ser muy dulce asociado al tratamiento 988 (T4), que posee un 2% de AMF y secado a 90°C.

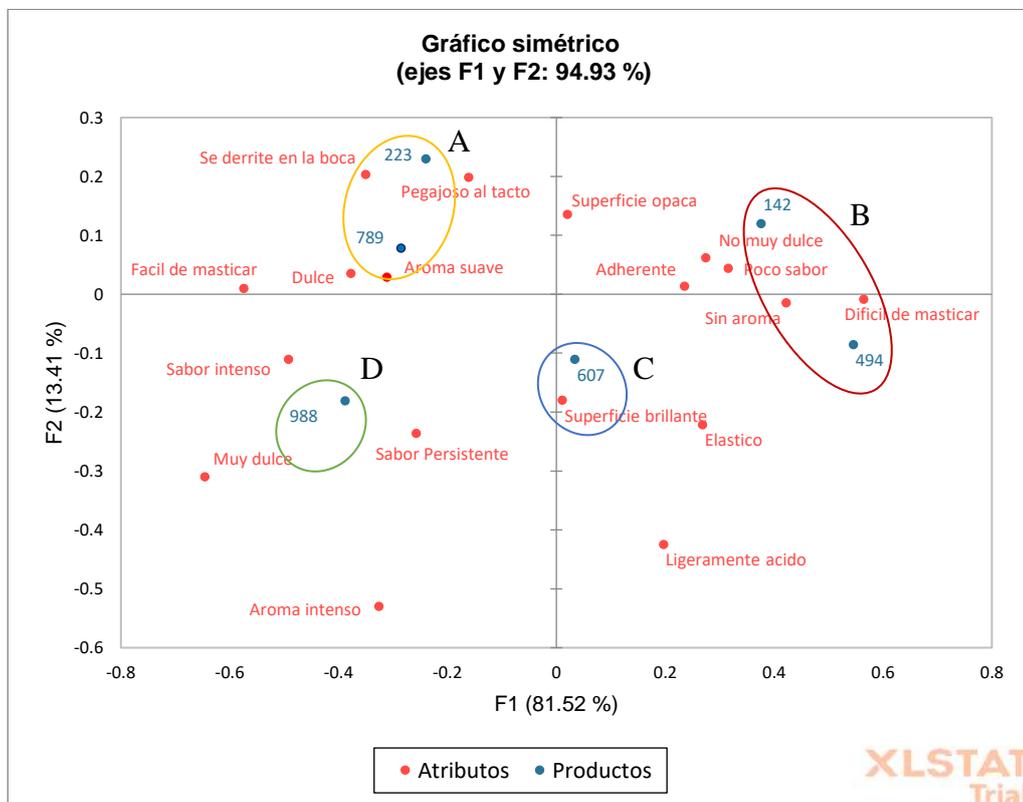


Figura 18. Análisis de correspondencia de los atributos sensoriales.

#### 4.1.2.1.3. Análisis CATA y su relación con la aceptabilidad del producto

En la figura 19 se representa la aceptabilidad de los tratamientos evaluados mediante una escala hedónica, se puede observar que el tratamiento más aceptable fue T4 (988).

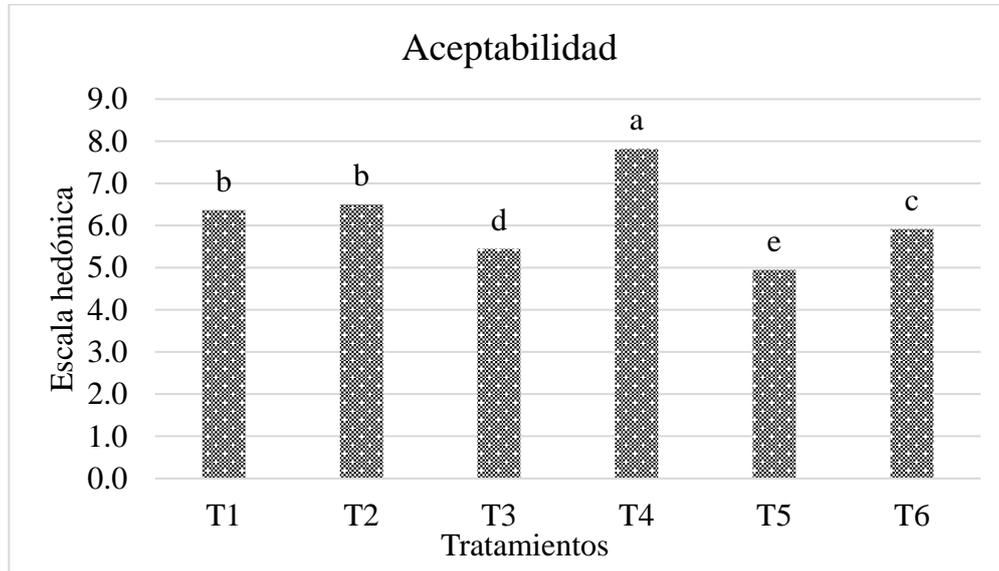


Figura 19. Aceptabilidad sensorial de las láminas comestibles.

La figura 20 presenta la respuesta de aceptabilidad por parte de los consumidores mediante el análisis de coordenadas principales. Se aprecia que la aceptabilidad se incrementa cuando se relaciona con un aroma suave, muy dulce, fácil de masticar, se derrite en la boca y sabor persistente.

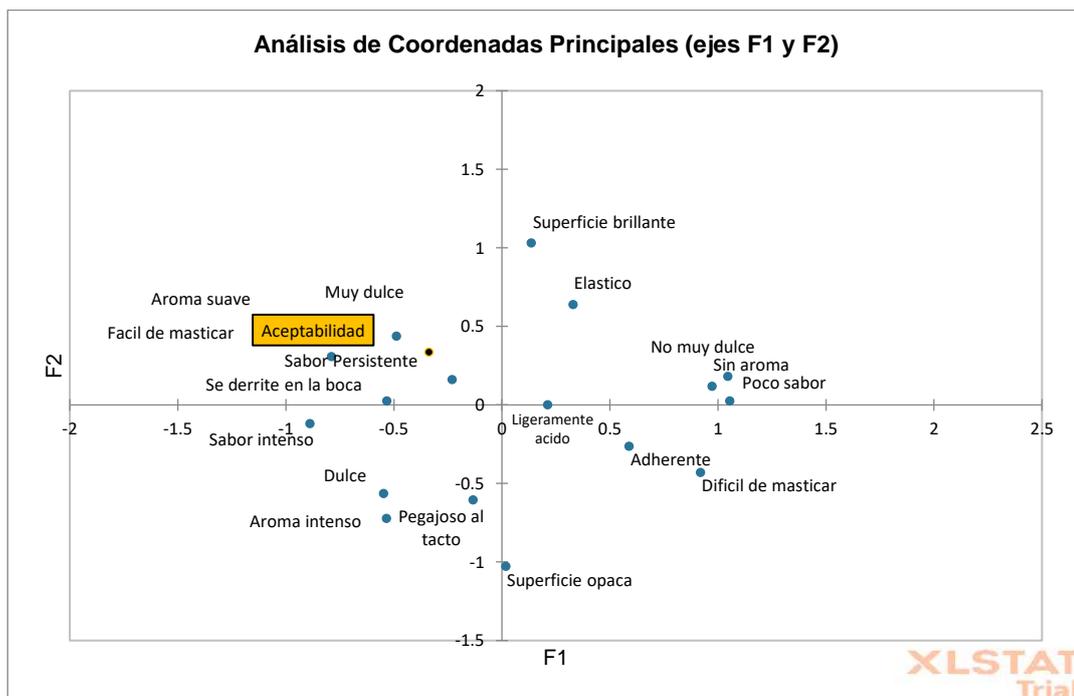


Figura 20. Mapa sensorial de aceptabilidad para los atributos sensoriales.

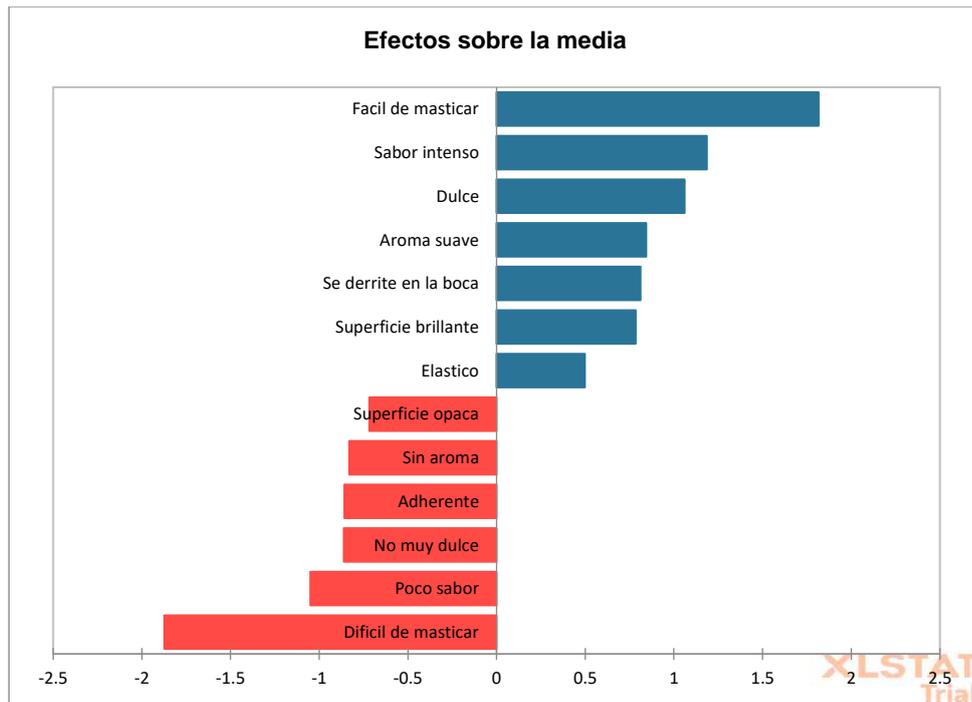


Figura 21. Impacto de los atributos sensoriales sobre la media de aceptabilidad.

En la figura 21 se puede observar el efecto de los atributos con un impacto medio significativo sobre la aceptabilidad de las láminas comestibles. Los aumentos medios se muestran en azul y se identifican como "imprescindibles" o "es bueno tenerlos", por otro lado, las disminuciones medias se muestran en rojo y se identifican como "no debe tenerse". El análisis anterior se puede explicar también desde otro punto de vista, mediante el mapa de efectos sobre la media versus porcentaje de atributos marcado (Figura 22), en el cual, los atributos están representados en un plano cartesiano donde el eje X muestra el porcentaje de evaluadores que marcaron cada atributo, y el eje Y muestra el efecto de esos atributos sobre la media.

#### A. Interpretación de los cuadrantes.

Cuadrante Superior Derecho: Atributos con alta frecuencia de mención y un efecto positivo sobre la media, estos atributos son percibidos positivamente y mencionados con frecuencia, lo que sugiere que son características deseables en las láminas comestibles.

Cuadrante Inferior Derecho: Atributos con alta frecuencia de mención, pero un efecto negativo sobre la media, estos atributos son percibidos negativamente y mencionados con frecuencia, indicando áreas de mejora para el producto.

Cuadrante Superior Izquierdo: Atributos con baja frecuencia de mención, pero un efecto positivo sobre la media, estos atributos, aunque no son mencionados frecuentemente, tienen un impacto positivo significativo en las evaluaciones cuando están presentes. Pueden ser considerados como características diferenciadoras.

Cuadrante Inferior Izquierdo: Atributos con baja frecuencia de mención y un efecto negativo sobre la media, estos atributos no son comúnmente mencionados y tienen un impacto negativo, lo que sugiere que su presencia no es deseable.

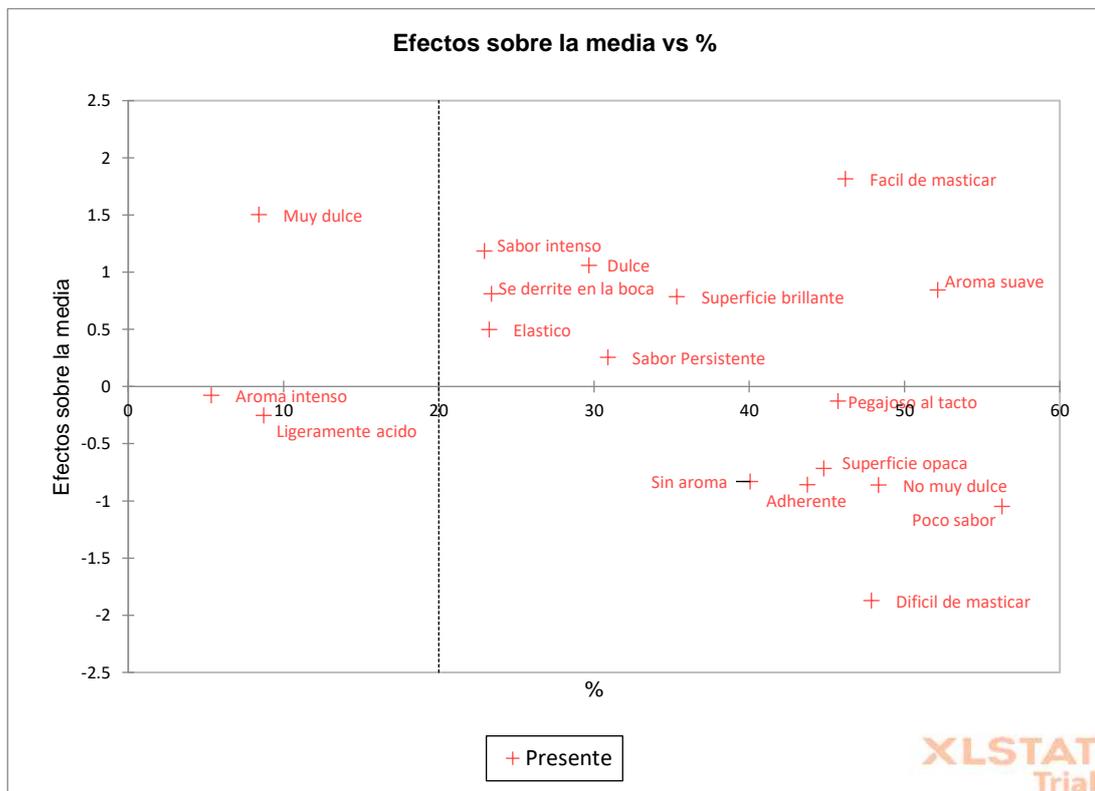


Figura 22. Mapa de efectos sobre la media vs. frecuencias.

### B. Atributos positivos

"Fácil de masticar" y "Aroma suave" son atributos positivos importantes para las láminas comestibles, ya que son mencionados frecuentemente y tienen un efecto positivo significativo. "Sabor intenso", "Dulce" y "Se derrite en la boca" también son valorados positivamente.

### C. Atributos Negativos

"Difícil de masticar", "Poco sabor", y "Adherente" son atributos negativos mencionados con frecuencia, lo que indica que son problemas comunes percibidos por los evaluadores.

"Superficie opaca", "Pegajoso al tacto" y "Sin aroma" también tienen un impacto negativo y son mencionados con cierta frecuencia.

#### D. Conclusión del análisis CATA

El análisis CATA para este producto revela atributos clave que impactan en la percepción de los consumidores. Atributos como "Sabor intenso", "Dulce", "Se derrite en la boca", "Fácil de masticar" y "Aroma suave" son muy valorados, mientras que características como "Difícil de masticar" y "Poco sabor" necesitan atención. Este tipo de análisis es fundamental para guiar mejoras en el producto y alinearlos mejor con las preferencias de los consumidores, siendo así, la muestra 988 del tratamiento 4 (láminas con 2% de AMF y secadas a 90°C) y sus atributos sensoriales, representa el perfil sensorial de una lámina comestible ideal por parte de los consumidores. Por lo tanto, T4 es seleccionado como el tratamiento más aceptable y se procedió a caracterizarse nutricionalmente.

#### 4.1.2.2. Caracterización del producto más aceptable.

Siendo de mejor aceptabilidad, las láminas comestibles a base de pulpa de yacón obtenidas mediante el tratamiento T4, se caracterizó fisicoquímica, nutricional y microbiológicamente a través de los análisis de las siguientes tablas.

La caracterización fisicoquímica de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón obtenidas mediante el tratamiento más aceptable (T4) se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 33. Resultados del análisis proximal de las láminas comestibles.

Característica	Materia prima $\bar{X} \pm \sigma$	Pulpa de yacón $\bar{X} \pm \sigma$	Lámina comestible $\bar{X} \pm \sigma$
Humedad (%)	86.70±0.83	89.57±2.05	7.78±0.64
Aw	0.991±0.00	0.992±0.00	0.348±0.013
Acidez (%)	0.22±0.02	0.10±0.02	0.37 ± 0.02
pH	6.18±0.12	6.62±0.02	6.20 ± 0.00
L*	74.73±3.30	65.05±1.06	69.69±0.04
a*	-1.63±1.56	0.85±0.64	4.43±0.20
b*	40.45±1.30	65.30±0.94	36.09±0.03
C	40.52±1.21	65.31±0.93	36.40±0.05
H	87.50±2.04	89.24±0.57	83.0±0.30

En resumen, la reducción significativa en humedad y actividad de agua en comparación con la pulpa es esperada debido al proceso de secado que elimina gran cantidad de agua, concentrando así los componentes restantes. La acidez total incrementada y el pH similar sugieren una concentración de ácidos durante el secado. Respecto a los valores colorimétricos, el aumento en el valor L\* indica que la pulpa se volvió más clara o luminosa después del secado. Esto puede deberse a la pérdida de humedad durante el secado y el efecto de los factores estudiados, lo que hace que la superficie de las láminas secas refleje más luz y parezca más clara. El incremento en el valor a\* sugiere que la pulpa se volvió más roja después del secado. Este cambio podría ser resultado de la concentración de pigmentos rojos o la formación de nuevos compuestos de color rojo debido a reacciones químicas como la caramelización y la reacción de Maillard durante el proceso de secado. La reducción en el valor b\* indica una disminución en el componente amarillo de la pulpa. Esto podría ser debido a la concentración de otros pigmentos que pueden enmascarar el color amarillo original. La disminución en el valor C (croma) y el valor H (tono) sugiere que los colores de la pulpa se volvieron menos saturados o menos intensos después del secado. La pérdida de agua y la concentración de sólidos pueden afectar la vivacidad de los colores, haciendo que los tonos sean menos brillantes.

Tabla 34. Resultados del análisis proximal de las láminas comestibles.

<b>Ensayo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Resultado 1</b>	<b>Resultado 2</b>
% Humedad	7.62	7.66	7.58
% Grasa total	0.10	0.11	0.08
% Cenizas	2.63	2.64	2.62
% Proteínas	3.23	3.09	3.37
% Fibra Cruda	2.36	2.35	2.37
% Carbohidratos	86.43	86.50	86.35
Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	359.52	359.36	359.60
%Kcal. Proveniente de Grasa	0.25	0.28	0.20
%Kcal. Proveniente de Proteínas	3.59	3.44	3.75
%Kcal. Proveniente de Carbohidratos	96.16	96.28	96.05

Tabla 35. Análisis microbiológico del producto

Ensayos	1 día	30 días	60 días	90 días
Numeración de Levaduras (UFC/g) = $V^{\circ}N^{\circ}=10 - 10^2$	0	0	0	0
Numeración de mohos (UFC/g) = $V^{\circ}N^{\circ}=10 - 10^2$	0	0	10	<5
Numeración de Escherichia coli (UFC/g) = $V^{\circ}N^{\circ}=10 - 5 \times 10^2$	0	0	0	0
Numeración de Salmonella sp. (UFC/g) = $V^{\circ}N^{\circ}=\text{Ausencia}/25\text{g}$	0	0	0	0

UFC= Unidad formadora de colonia

#### 4.2. Contrastación de hipótesis

La hipótesis específica 1, respecto a las características fisicoquímicas de la pulpa de yacón se expresa como “H1” el cual es la contraparte de la hipótesis nula “H0” como se detalla a continuación:

**H1:** Determinando las características fisicoquímicas de la pulpa de yacón se conocerá cuáles son sus características en un estado inicial.

**H0:** Determinando las características fisicoquímicas de la pulpa de yacón no se conocerá cuáles son sus características en un estado inicial.

En la tabla 9, se pudo presentar las características fisicoquímicas del yacón en estado fresco y como pulpa obtenida tras una serie de operaciones de acondicionamiento. La pulpa de yacón tiene un contenido de humedad ligeramente mayor que el yacón en estado fresco, lo que puede deberse al proceso de escaldado que puede aumentar el contenido de agua en la pulpa. La pulpa de yacón, tiene mayor contenido de humedad y menor contenido de sólidos solubles y acidez que en su estado inicial. El pH de la pulpa es ligeramente más alto, lo que se correlaciona con la menor acidez, esto puede deberse a la lixiviación de ácidos y su dilución en el medio de tratamiento térmico lo que pueden contribuir al aumento del pH. Este análisis permitió conocer cuáles son las características de la materia prima en un estado inicial, tanto como en estado fresco y como pulpa, lista para procesarse en láminas comestibles, por lo cual, la hipótesis planteada H1 se acepta.

La hipótesis específica 2, respecto al efecto de los factores estudiados se expresa en “H2” como se detalla a continuación:

**H2:** La adición del agente espesante (AMF) y la Temperatura de secado tienen un efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón.

**H0:** La adición del agente espesante (AMF) y la Temperatura de secado no tienen un efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón.

En el apartado 4.1.1.2., sobre los Análisis fisicoquímicos del producto, se pudo evaluar el efecto del factor “AMF”, y se pudo observar que tiene un efecto significativo sobre todas las características fisicoquímicas evaluadas a excepción del porcentaje de acidez de las láminas comestibles. Así mismo, se pudo evaluar el efecto del factor “Temperatura de secado”, y se pudo observar que tiene un efecto significativo sobre el pH, %Acidez, %Humedad, Aw, b\* y C\*. En el análisis sensorial utilizando el método CATA, la figura 18 muestra que los tratamientos se distribuyen en cuatro grupos diferentes en el mapa de análisis de correspondencia de los atributos sensoriales. Dado que se evaluaron seis tratamientos, se observó que cada uno tuvo perfiles sensoriales distintos, se puede concluir que los factores estudiados tuvieron un impacto significativo en las características sensoriales de las láminas comestibles. Los factores tuvieron efectos significativos sobre las características fisicoquímicas y sensoriales, por lo que se acepta H2.

La hipótesis específica 3, respecto a la Aceptabilidad del producto, se expresa en “H3” como se detalla a continuación:

**H3:** La Aceptabilidad de las láminas comestibles a base de pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" se ve influenciada por sus atributos sensoriales.

**H0:** La Aceptabilidad de las láminas comestibles a base de pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" se ve influenciada por sus atributos sensoriales.

A través del análisis CATA y su relación con la aceptabilidad del producto, se encontró atributos clave que impactan en la percepción de los consumidores. Atributos como "Sabor intenso", "Dulce", "Se derrite en la boca", "Fácil de masticar" y "Aroma suave" son muy valorados, mientras que características como "Difícil de masticar" y "Poco sabor" necesitan atención. Este tipo de análisis es fundamental para guiar mejoras en el producto y alinearlos

mejor con las preferencias de los consumidores, en este caso, la muestra 988 del tratamiento 4 (láminas con 2% de AMF y secadas a 90°C) y sus atributos sensoriales, representa el perfil sensorial de una lámina comestible ideal por parte de los consumidores. Se pudo evaluar el impacto de los atributos sensoriales sobre la media de Aceptabilidad de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón por lo que se acepta H3.

La hipótesis específica 4, respecto a las características nutricionales del producto, se expresa en “H4” como se detalla a continuación:

**H4:** Determinando el aporte nutricional de la lámina comestible a base de pulpa de yacón se caracterizará el producto final más aceptable.

**H0:** Determinando el aporte nutricional de la lámina comestible a base de pulpa de yacón no se podrá caracterizar el producto final más aceptable.

En la Tabla 34, sobre los resultados del análisis proximal de las láminas comestibles, se logró caracterizar al mejor producto (T4) obteniéndose: Humedad 7.62 %, Grasa total 0.10%, Cenizas 2.63%, Fibra Cruda 2.36%, Proteínas 3.23% y Carbohidratos 86.43%. El porcentaje de humedad de este tipo de producto debe estar por debajo del 20%, según la Food Safety and Standards Authority of India (2011), el resultado obtenido cumple con este parámetro, asegurándose así, un mayor tiempo de conservación, estabilidad, calidad nutricional y sensorial. Es por ello que se descarta la hipótesis nula, es decir, se caracterizó el producto final más aceptable y es apto para su consumo.

## CAPITULO V. DISCUSIÓN

### 5.1. Discusión de resultados

#### Características fisicoquímicas

Kashyap & Sharma (2023) respecto a la calidad de las láminas comestibles, como producto terminado, es esencial para garantizar su aceptabilidad, y se pueden evaluar parámetros como las propiedades fisicoquímicas (incluyendo pH, acidez total, brix, humedad, color entre otros) y sensoriales (incluyendo su sabor, olor y apariencia) pueden ser evaluados para determinar su calidad. De acuerdo con los autores, en esta investigación se evaluó características fisicoquímicas y sensoriales para determinar su calidad, el tratamiento más aceptable (T4) obtuvo 6.20 de pH, 0.37 % de acidez, 69.69 de valor L\*, 4.43 de valor a\*, 36.09 de valor b\*, 7.78 % de humedad y 0.348 de Aw. Así mismo, su perfil sensorial se caracterizó con atributos como "Sabor intenso", "Dulce", "Se derrite en la boca", "Fácil de masticar" y "Aroma suave", los cuales pertenecen a características organolépticas de sabor, olor, textura y apariencia.

En los resultados de Bravo (2022), la lámina comestible a base de pulpa de piña y mango, obtuvo valores de pH (3.962), la acidez total (2.634%), contenido de humedad (20.565%) y Aw (0.570) de las láminas secadas a 70°C fueron ligeramente menor pero no significativos a las obtenidas a 60°C. Sin embargo, la humedad y Aw fueron significativa me menor en comparación a la mezcla a secar, por otro lado, el pH se mantuvo similar y la acidez total se incrementó significativamente. Conforme a esta investigación, en la tabla 33 se pudo hacer un análisis comparativo de los cambios fisicoquímicos observados entre la pulpa antes del secado y como producto terminado en laminas comestibles, hubo una reducción significativa en humedad y actividad de agua, la acidez total se incrementó y el pH se mantuvo similar. En resumen, las características fisicoquímicas de las láminas comestibles respecto a la pulpa en estado inicial tuvieron una relación de aumento o disminución similar a lo reportado por Bravo (2022). Por otro lado, el producto presentó una humedad del 20% al 21%, lo que lo clasifica como un producto alimenticio de humedad intermedia, propenso a que sus características de calidad estén propensos a ciertas condiciones de inestabilidad. En el caso de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón, la humedad obtenida osciló entre 6.55% y 12.30%. La pérdida de humedad durante el secado redujo la actividad del agua a valores entre 0.313 y 0.510, lo cual podría contribuir a disminuir la calidad del producto final por las condiciones de inestabilidad.

Bandaru & Bakshi (2021) estudiaron el efecto de cuatro métodos diferentes de secado sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de los cueros de fruta. Los métodos incluyen, el secado en horno a 70 °C, secado en bandeja a 50 °C, secado en microondas (180 W) y secado al sol. En su estudio, el secado en bandeja obtuvo 13.8% de humedad a 50 °C durante 660 minutos. El secado por microondas y horno de aire caliente fue eficiente en términos de tiempo, pero provocó alteraciones de textura y color, afectando negativamente la aceptación sensorial. Sin embargo, el secado en bandeja retuvo menos humedad (alrededor del 14-16%). El análisis sensorial mediante prueba hedónica de 9 puntos reveló que los panelistas preferían el cuero secado en bandeja debido a su mejor textura (7.80) y color (7.92). En general, el cuero secado en bandeja demostró una calidad superior y fue preferido por los panelistas por su favorable calidad y propiedades sensoriales. El proceso de secado es crucial en la preparación del este tipo de producto, influyendo en sus propiedades fisicoquímicas y características sensoriales, por lo que, en la presente investigación se optó por el método de secado mediante deshidratador con flujo de aire caliente, el cual es análogo al secado por bandejas mencionado por los autores en su artículo.

Taipe (2019) en su tesis menciona que, para asegurar la estabilidad de productos basados en la concentración de azúcar y valores de pH, se debe lograr una actividad de agua ( $A_w$ ) por debajo de 0.85 y un pH menor a 4.2. Su producto final alcanzó un  $A_w$  de 0.75 y un pH de 3.6, indicando que, con el empaque adecuado, es estable a temperatura ambiente, facilitando su distribución y conservación. En esta investigación se desarrolló laminas a base de pulpa de yacón con una  $A_w$  de 0.348 y un pH de 6.20 lo que indican una notable estabilidad del producto. La baja  $A_w$  asegura una excelente estabilidad fisicoquímica, manteniendo la integridad estructural, reduciendo la tasa de reacciones químicas no deseadas y preservando la textura y sabor del producto al minimizar la deshidratación o absorción de humedad. Un pH casi neutro de 6.20 es beneficioso para la estabilidad de nutrientes sensibles y proporciona un perfil sensorial aceptable para una amplia gama de consumidores, evitando sabores ácidos o amargos excesivos y manteniendo la apariencia del producto. En términos microbiológicos, aunque el pH de 6.20 no inhibe significativamente el crecimiento microbiano, la  $A_w$  de 0.348 es extremadamente efectiva para prevenir el crecimiento de bacterias, mohos y levaduras, garantizando la seguridad del producto y prolongando su vida útil sin necesidad de conservantes adicionales. Comparado con los resultados de Taipe (2019), que presentó una  $A_w$  de 0.75 y un pH de 3.6 para asegurar la estabilidad a temperatura ambiente, las láminas comestibles desarrolladas en el presente estudio muestran

una superioridad en términos de estabilidad microbiológica debido a la actividad de agua extremadamente baja, lo que facilita tanto la distribución como la conservación del producto sin condiciones especiales.

Pizarro (2019) en su tesis desarrolló láminas a base de zanahoria y frambuesa a diferentes temperaturas de secado (45°C, 55°C y 65°C), logrando un contenido de humedad promedio entre 10.28% y 11.22% en aproximadamente 7 horas, mientras que, en la presente investigación, se secaron entre 300-350g de pulpa de yacón en cada bandeja a 70 °C durante 4.5 horas en promedio, obteniendo un  $7.78 \pm 0.64\%$  de humedad. Las diferencias encontradas pueden deberse a la naturaleza de las materias primas, condiciones ambientales y la cantidad de pulpa a secarse, pero las diferencias en la humedad final pueden explicarse por la composición específica de las materias primas, la menor temperatura de secado, la adición de un 20% de azúcar, la ausencia de agentes espesantes y una cantidad de pulpa de secado probablemente mayor en el estudio de Pizarro en comparación con la presente investigación. Por otro lado, en el estudio de Flores (2020), el tratamiento 3 deshidrató la pulpa de arazá a 70-80°C durante 1 hora, logrando un 16.32% de humedad, mientras que, en la presente investigación, se secaron entre 300-350g de pulpa de yacón en cada bandeja a 70 °C durante 4.5 horas en promedio, alcanzando un  $7.78 \pm 0.64\%$  de humedad. La rapidez del secado en el tratamiento de Flores (2020) puede explicarse por la diferente composición de las materias primas, donde la pulpa de arazá, posiblemente menos densa y con una estructura celular que facilita una evaporación más rápida, se deshidrató más rápido. Además, la menor cantidad de material a secar y potencialmente una mejor difusión del calor también influyeron. En cambio, la pulpa de yacón, con mayor masa y densidad, requería más tiempo para una deshidratación uniforme, incluso a una temperatura más alta.

García (2020) desarrolló láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto utilizando un secador de gabinete con aire caliente a tres temperaturas (50°C, 60°C y 70°C). Los tiempos de secado fueron 15 horas para 50°C, 10 horas para 60°C y 7.75 horas para 70°C, para lograr secar 300 gramos de pulpa por tratamiento determinados mediante pruebas preliminares. Estas pruebas indicaron que retirar las láminas antes de los tiempos establecidos provocaba que se rompieran, mientras que exceder estos tiempos hacía que se pegaran al papel mantequilla. Estos aspectos técnicos coincidieron con las pruebas preliminares del producto de la presente investigación, confirmando su validez. Además, el autor buscó obtener un producto con una  $A_w$  y contenido de humedad similar entre los tratamientos, pero a

diferentes temperaturas de secado. Los valores de humedad de las láminas variaron entre 10.16% y 19%, y la actividad de agua entre 0.5205 y 0.7819. Se concluyó que es imprescindible mantener una  $A_w$  del producto final deshidratado a un nivel no superior a 0.55, con el fin de minimizar la degradación de la vitamina C durante el almacenamiento, siempre que las propiedades sensoriales del producto lo permitan. En la presente investigación se pudo alcanzar valores de humedad de entre 6.55 a 12.30 % y de entre 0.313 a 0.510 de actividad de agua, los cuales son muy cercanos a los obtenidos por el autor en mención, para deshidratar 300g de pulpa a temperaturas menores a 70 °C le fue necesario 7.75 horas alcanzando los valores de humedad y  $A_w$  mencionados, mientras que, en la presente investigación, para secar 300-350g de pulpa de yacón en las bandejas a 70°C y alcanzar valores similares de humedad y  $A_w$  solo fue necesario 4.5 horas en promedio, lo que puede deberse a la diferencia de cantidades de pulpa a secar.

La comparación de los resultados de esta investigación con los reportados por Flores (2020), García (2020) y Pizarro (2019) destaca la importancia de ajustar los parámetros de secado, considerar otros factores importantes como la cantidad de pulpa a secar y la formulación del producto según las características de cada materia prima para obtener resultados óptimos.

Salinas et al. (2018) en su estudio, caracterizó al yacón fresco por un contenido de humedad (85.6-89.2%),  $A_w$  (0.987-0.995),  $L^*$  (52.7-57.6),  $a^*$ (1.78-1.57) y  $b^*$  14.2-11.8); el contenido de humedad y la  $A_w$  tuvieron valores similares a los observados en esta investigación (Humedad= 86.70%,  $A_w=0.991$ ) con diferencias notables en los valores colorimétricos del yacón fresco, esto puede atribuirse a variaciones en las condiciones de cultivo, la etapa de madurez al momento de la cosecha, el tratamiento post-cosecha, entre otros.

Salinas et al. (2018) secó rodajas de yacón a diferentes condiciones (temperaturas de secado de 45 °C, 50 °C y 55 °C. Las muestras secas se compararon con el yacón original en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas. Los resultados de esta investigación sugieren que las condiciones óptimas de secado, donde las propiedades fisicoquímicas de las muestras se mantienen más similares al material original, es utilizando temperaturas más altas (mayor a 60°C) puesto que más rápido será el secado del yacón y con ello se evitarán alteraciones del estado fisicoquímico general. La influencia de la temperatura de secado, de 45 a 60 °C sobre las muestras secas de yacón fueron, % Humedad (10.7%-6.7%). actividad de agua (0.49-0.39),  $L^*$  (56.6-60.3),  $a^*$ (9.7-15) y  $b^*$  (29.6-39.7) respectivamente. Se puede analizar que el

nivel de temperatura afecta y reduce significativamente los parámetros fisicoquímicos observados. En comparación a esta investigación, las láminas comestibles son considerados productos de baja humedad con un valor de 7.78 % y 0.348 de  $A_w$ , durante el análisis de efectos de los factores en las tablas 28 y 30, se pudo corroborar que la temperatura de secado afecta significativamente el porcentaje de Humedad y  $A_w$  con una tendencia a reducirse a medida que la temperatura aumenta.

### **Caracterización nutricional**

La pulpa de yacón contiene un  $87.52 \pm 0.45\%$  de humedad, y en base seca  $0.45 \pm 0.07\%$  de lípidos,  $3.48 \pm 0.46\%$  de proteínas,  $82.57 \pm 0.77\%$  de carbohidratos digestibles,  $10.48 \pm 0.33\%$  de fibra dietética y  $3.02 \pm 0.30\%$  de cenizas. En comparación, la harina de pulpa de yacón presenta un  $8.09 \pm 1.74\%$  de humedad,  $0.67 \pm 0.19\%$  de lípidos,  $4.50 \pm 1.26\%$  de proteínas,  $72.07 \pm 2.23\%$  de carbohidratos digestibles,  $11.79 \pm 0.39\%$  de fibra dietética y  $2.88 \pm 0.13\%$  de cenizas (Pereira et al., 2013). En el presente estudio, se obtuvo una lámina comestible que posee un contenido de humedad similar a la de una harina como lo reportado por Pereira et al. (2013), razón por la cual los resultados proximales de componentes nutricionales son similares (Humedad 7.62 %, Grasa total 0.10%, Cenizas 2.63%, Fibra Cruda 2.36%, Proteínas 3.23% y Carbohidratos 86.43%).

Por otro lado, las láminas deshidratadas de pulpa de arazá de Flores (2020), mostraron valores nutricionales porcentuales de 1.68 % fibra, 3.46 % proteínas, 16.32 % humedad, 4.61 % grasas, 74.48 % carbohidratos y 1.12 % cenizas, indicando un alto aporte energético y de carbohidratos lo que demuestra características nutricionales similar al obtenido en la presente investigación.

### **Caracterización sensorial y aceptabilidad**

El análisis CATA realizado a las láminas comestibles a base de pulpa de yacón, en esta investigación, reveló atributos clave que impactan en la percepción de los consumidores. Atributos como "Sabor intenso", "Dulce", "Se derrite en la boca", "Fácil de masticar" y "Aroma suave" son muy valorados para este nuevo producto, por su parte, (Huang y Hsieh, 2006, citado por Rodrigues et al., 2023) mencionan que, las características sensoriales más investigados en los cueros (láminas) de fruta, son el color, el gusto, la textura y el sabor, destacando que, las láminas más aceptadas sensorialmente por los consumidores son las de mayor sabor a fruta, dulces, ligeramente acidificadas, masticables, textura blanda, menor

dureza y sabor agradable en boca; en términos generales, estos argumentos refuerzan y comparten los hallazgos encontrados en la presente investigación, sobre todo en aspectos como la “textura blanda y menor dureza” relacionado directamente a “fácil de masticar”.

Considerando la aceptación, las preguntas CATA fueron una buena herramienta para comprender las percepciones de los consumidores sobre las muestras en esta investigación y se encontró que, la muestra 988 (tratamiento 4) representa el perfil sensorial de una lámina comestible ideal por parte de los consumidores con atributos como "Fácil de masticar" y "Aroma suave" son mencionados frecuentemente y tienen un efecto positivo significativo. "Sabor intenso", "Dulce" y "Se derrite en la boca" también son valorados positivamente. Por el contrario, Castillo et al. (2023) desarrollaron productos deshidratados a base de caqui, incluidos cueros de caquis, y realizaron un estudio con 100 participantes usando el método CATA. Los resultados indicaron que estos productos se asocian principalmente con atributos de textura como “pegajosos”, “elásticos” y “difíciles de masticar”. La “falta de sabor” en las muestras podría estar relacionada con la dilución del puré al añadir agua para facilitar su esparcimiento en las bandejas, lo que sugiere la necesidad de optimizar las condiciones de procesamiento para mejorar la aceptación del consumidor. Este producto era pegajoso y carecía de sabor a caqui, lo que explicaba su baja aceptación por parte del consumidor. En contraste a la presente investigación, para obtener pulpa de yacón no fue necesario añadir agua, por lo que, los sólidos solubles se concentraron sustancialmente obteniéndose un producto aceptable con atributos como "Sabor intenso", "Dulce", entre otros.

## CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

Las características fisicoquímicas de la pulpa de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" en un estado inicial fue % Humedad ( $89.57 \pm 2.05$ ), °Brix ( $7.67 \pm 1.65$ ), %Acidez ( $0.10 \pm 0.02$ ), pH ( $6.62 \pm 0.02$ ),  $A_w$  ( $0.992 \pm 0.00$ ),  $L^*$  ( $65.05 \pm 1.06$ ),  $a^*$  ( $0.85 \pm 0.64$ ) y  $b^*$  ( $65.30 \pm 0.94$ ).

Se encontró que el factor "Temperatura de secado" tiene un significativo efecto sobre el pH, %Acidez, %Humedad,  $A_w$ ,  $b^*$  y  $C^*$ , la adición del agente espesante (AMF) tiene un efecto significativo en todas las características fisicoquímicas, pero no sobre el %Acidez.

En la evaluación sensorial, se reconoció que los atributos "Aroma suave", "Sabor intenso", "Dulce", "Fácil de masticar" y "Se derrite en la boca" incrementan la Aceptabilidad del producto, siendo el tratamiento 4 (AMF al 2% y secado a 90°C) el más aceptable.

Así mismo, el producto más aceptable obtuvo las siguientes características nutricionales: Grasa (0.10 %), Cenizas (2.63 %), Fibra cruda (2.36 %), Carbohidratos (86.43 %), Proteínas (3.23 %) y Energía total (359.52 Kcal).

El desarrollo de láminas comestibles a base de pulpa de yacón permite su evaluación y caracterización fisicoquímica y sensorial permitiendo obtener un producto aceptable. Se evidencia que la producción de láminas comestibles a base de pulpa de yacón es viable y presenta una prometedora alternativa en el mercado de alimentos naturales tipo snack y además pueden tener diversos usos en la industria alimentaria, debido a su versatilidad.

### 6.2. Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo un estudio de factibilidad a nivel industrial para evaluar la viabilidad de una producción a gran escala.

Evaluar otros aspectos fisicoquímicos de las láminas comestibles, como la microestructura mediante microscopía, y las propiedades mecánicas y texturales.

Estudiar diferentes tipos de empaque y su influencia en la vida útil de las láminas comestibles para determinar posibles cambios fisicoquímicos y/o sensoriales.

## CAPITULO VII. REFERENCIAS

- Bandaru, H., & Bakshi, M. (2020). Fruit Leather: Preparation, packaging and its effect on sensorial and physico-chemical properties: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(6), 1699-1709.  
<https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i6y.13192>
- Bandaru, H., & Bakshi, M. (2021). Effect of different drying conditions on the quality of apple and guava fruit leather. *The Pharma Innovation Journal*, 10(8), 233-237.
- Bravo Buitrago, J. E. (2022). *Desarrollo y caracterización fisicoquímica de una lámina comestible a base de pulpa de mango (Mangifera indica) y piña (Ananas comosus)* [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia].  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81373>
- Bravo Neyra, R., & López León, F. D. (2023). *Optimización del secado de Artocarpus altilis «Pan de Árbol» mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente*.  
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/8150>
- Campos, D., Aguilar-Galvez, A., & Pedreschi, R. (2016). Stability of fructooligosaccharides, sugars and colour of yacon ( *Smallanthus sonchifolius* ) roots during blanching and drying. *International Journal of Food Science & Technology*, 51
- Castillo, M., Pons-Gómez, A., Albert-Sidro, C., Delgado, B., & Besada, C. (2023). Acceptance, Sensory Characterization and Consumption Contexts for Dehydrated Persimmon Slices, Chips, Leathers and Powder: A Consumer Study. *Foods*, 12(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/foods12101966>

- Contreras Hernandez, J., & Gracia, M. (2014). Alimentación y cultura. Perspectivas antropológicas. *Investigaciones Sociales*, 11(19), 387-392. <https://doi.org/10.15381/is.v11i19.8073>
- da Silva Simão, R., de Moraes, J. O., Carciofi, B. A. M., & Laurindo, J. B. (2020). Recent Advances in the Production of Fruit Leathers. *Food Engineering Reviews*, 12(1), 68-82. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09200-4>
- Diamante, L. M., Bai, X., & Busch, J. (2014). Fruit Leathers: Method of Preparation and Effect of Different Conditions on Qualities. *International Journal of Food Science*, 2014, 139890. <https://doi.org/10.1155/2014/139890>
- Fito Maupoey, P., Grau Andrés, A. M., Baviera Barat, J. M., & Albors Sorolla, A. M. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente.*
- Flores, J. (2020). *Deshidratación de pulpa de arazá (Eugenia stipitata) en forma de lámina como alternativa de conservación.*
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2007). *Fruit Leather. Fruit Processing Toolkit.* <https://www.fao.org/documents/card/en?details=7f979cde-71ad-441b-86bc-e93db89406d5/>
- Food Safety and Standards Authority of India. (2011). *Food Safety and Standards (Food Products Standards and Food Additives) Regulations.*
- Galbis, K. (2016). *Rollitos de mango—Veggisima.* <https://veggisima.com/rollitos-de-mango/>
- García Olortegui, M. I. (2020). *Efecto del procesamiento de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto (Physalis peruviana) en la retención de vitamina C* [Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/edd2efcb-5df0-4391-a0b2-2c8c9162326d>

- Hermann, M., & Heller, J. (1997). *Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon*.
- Huang, X., & Hsieh, F.-H. (2006). Physical Properties, Sensory Attributes, and Consumer Preference of Pear Fruit Leather. *Journal of Food Science*, 70(3), E177-E186. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07133.x>
- Kashyap, S., & Sharma, N. (2023). New insights in the production of fruit leather. *The Pharma Innovation Journal*, 12(6), 1140-1151.
- Kaur, M., & Godara, P. (2022). *Various drying processes for fruit leathers preparation and its effects on quality of fruit leathers*.
- Manrique, I., Hermann, M., & Bernet, T. (2004). *Yacon FichaTecnica*.
- Mardiyana, M., Handayani, M., & Fadillah, F. (2022). Pengaruh Penambahan Hidrokoloid CMC terhadap Karakteristik Fruit Leather Jambu Air Camplong Putih (*Syzygium samarangense*). *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 16(3), Article 3. <https://doi.org/10.24198/jt.vol16n3.5>
- Merino Darquea, F. S. (2002). *Elaboración de láminas de fruta ("fruit leathers") a partir de pulpa de Murta (Ugni molinae Turcz) congelada*. <https://scihub.ren/https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/32013>
- Minchola-Castañeda, K., Luzuriaga-Tirado, E., Montalvo-Rodríguez, A., Moncada-Carrera, J., Morales-Ibañez, F., & Gil-Reyes, W. (2022). Propiedades beneficiosas del yacón (*smallanthus sonchifolius*) en la salud. *Más Vita*, 4(3), Article 3. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/MV0135>
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). *Construir la salud a lo largo del curso de vida. Conceptos, implicaciones y aplicación en la salud pública*. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53368>

- Pereira, J. D. A. R., Barcelos, M. D. F. P., Pereira, M. C. D. A., & Ferreira, E. B. (2013). Studies of chemical and enzymatic characteristics of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and its flours. *Food Science and Technology*, 33(1), 75-83. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000020>
- Pizarro Llanos, R. P. (2019). *Contenido de antocianinas y capacidad antioxidante de láminas a base de frambuesa (Rubus idaeus) y zanahoria (Daucus carota) a diferentes temperaturas de secado* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5999>
- Reis, F., Marques, C., de Moraes, A. C. S., & Masson, M. L. (2021). Effect of processing methods on yacon roots health-promoting compounds and related properties. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 346-354. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.010>
- Rodrigues, G. de M., Garcia, V. A. dos S., Yoshida, C. M. P., Vanin, F. M., & Carvalho, R. A. de. (2023). Fruit-Based Leathers: A Comprehensive Review of Terminologies, Composition, and Quality Attributes. *Food Science and Engineering*, 216-236. <https://doi.org/10.37256/fse.4220232791>
- Rodríguez López, S. Y., Cunya, A. S., Vásquez Arce, V., & Seminario, J. F. (2022). Rendimiento agronómico de ocho cultivares de yacón (*Smallanthus sonchifolius* [Poepp. & Endl.] H. Rob.) provenientes del norte peruano. *Siembra*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3630>
- Sacchetti, G., Gianotti, A., & Dalla Rosa, M. (2001). Sucrose–salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. *Journal of Food Engineering*, 49(2-3), 163-173.
- Salinas, J. G., Alvarado, J. A., Bergenståhl, B., & Tornberg, E. (2018). The influence of convection drying on the physicochemical properties of yacón (*Smallanthus*

- sonchifolius). *Heat and Mass Transfer*, 54(10), 2951-2961.  
<https://doi.org/10.1007/s00231-018-2334-2>
- Seminario, J., Valderrama, M., & Manrique, I. (2003). *El Yacon Fundamentos para el Aprovechamiento de un Recurso Promisorio*.
- Soto Ramos, R. (2013). Influencia de la temperatura en la cinética de secado, difusividad efectiva y calidad de láminas de frutas. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2674>
- Szlapak Franco, T., Ellendersen, L., Fattori, D., Granato, D., & Masson, M. L. (2015). Influence of the Addition of Ovalbumin and Emulsifier on the Physical Properties and Stability of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) Juice Foams Prepared for Foam Mat Drying Process. *Food and Bioprocess Technology*, 8.  
<https://doi.org/10.1007/s11947-015-1553-5>
- Tablas peruanas de composición de alimentos. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*.
- Taípe Vicaña, M. (2019). *Elaboración de lámina de frutas (fruit leather) de papaya con maracuyá, fortificado con quinua, kiwicha y hierro a base de análisis sensorial* [Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://sci-hub.ren/https://repositorio.usil.edu.pe/items/a26b93a0-12c6-4211-8973-d59c3e698413>
- Tecante, A. (1998). Fundamentos de secado, extracción sólido-líquido y destilación. *Reverté*.
- Ulloa, J., Redko, F., Catalán, C., & Muschietti, L. (2021). *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. En Á. Máthé & A. Bandoni (Eds.), *Medicinal and Aromatic Plants of South America Vol. 2: Argentina, Chile and Uruguay* (pp. 475-491). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-62818-5\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-62818-5_37)

- Vallejos Romaña, C. A. (2014, abril 1). *Modelación, simulación, control PID y control predictivo de un secador rota disco en la industria pesquera*.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Modelaci%C3%B3n%2C-simulaci%C3%B3n%2C-control-PID-y-control-de-un-Roma%3%B1a/3d9aad079c7a260b79b27e48a8e23a15e9a565c3/figure/17>
- Velásquez-Gamarra, J., & Lozada-Urbano, M. (2022). *Acceptability of yacon flakes (Smallanthus sonchifolia) for dietary use with inulin*.  
[https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(2\).170](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(2).170)
- Velastegui Morales, J. H. (2024). *Extracción, purificación y evaluación de inulina proveniente de la jícama (Smallanthus sonchifolius) y fruto de tuna (Opuntia ficus) en tres especies de microorganismos Lactobacillus acidophilus, Saccharomyces boulardii, y Bifidobacterium longum* [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Biotecnología]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/40902>

## **ANEXOS**

## Anexo I. Formato de la evaluación sensorial.

### BOLETA DE EVALUACIÓN

#### DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

NOMBRE: \_\_\_\_\_

SEXO: F  M

EDAD: 17-24  25-30  31-40  >40

NIVEL SOCIOECONÓMICO: Bajo  Medio  Alto

#### INSTRUCCIONES:

- Ud. recibirá seis muestras de lámina comestible a base de pulpa de yacón.
- Por favor, deguste las muestras en el orden que considere conveniente y responda a la pregunta utilizando exclusivamente las palabras de la lista presentada.  
Entre cada muestra, enjuáguese la boca con agua.

#### *Muestra N°*

¿Cuánto te gusta este producto?

Me disgusta mucho Me gusta mucho

#### *Marque todos los términos que estime adecuados para describir este alimento.*

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Sin Aroma            | <input type="checkbox"/> Poco Sabor        | <input type="checkbox"/> Fácil de masticar     |
| <input type="checkbox"/> Aroma Suave          | <input type="checkbox"/> Sabor Intenso     | <input type="checkbox"/> Difícil de masticar   |
| <input type="checkbox"/> Aroma Intenso        | <input type="checkbox"/> No Muy Dulce      | <input type="checkbox"/> Se derrite en la boca |
| <input type="checkbox"/> Elástico             | <input type="checkbox"/> Dulce             | <input type="checkbox"/> Sabor Persistente     |
| <input type="checkbox"/> Pegajoso al tacto    | <input type="checkbox"/> Muy Dulce         | <input type="checkbox"/> Adherente             |
| <input type="checkbox"/> Superficie Brillante | <input type="checkbox"/> Ligeramente Ácido |  |
| <input type="checkbox"/> Superficie Opaca     |  |  |

#### *Muestra N°*

¿Cuánto te gusta este producto?

Me disgusta mucho Me gusta mucho

#### *Marque todos los términos que estime adecuados para describir este alimento.*

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Sin Aroma            | <input type="checkbox"/> Poco Sabor        | <input type="checkbox"/> Fácil de masticar     |
| <input type="checkbox"/> Aroma Suave          | <input type="checkbox"/> Sabor Intenso     | <input type="checkbox"/> Difícil de masticar   |
| <input type="checkbox"/> Aroma Intenso        | <input type="checkbox"/> No Muy Dulce      | <input type="checkbox"/> Se derrite en la boca |
| <input type="checkbox"/> Elástico             | <input type="checkbox"/> Dulce             | <input type="checkbox"/> Sabor Persistente     |
| <input type="checkbox"/> Pegajoso al tacto    | <input type="checkbox"/> Muy Dulce         | <input type="checkbox"/> Adherente             |
| <input type="checkbox"/> Superficie Brillante | <input type="checkbox"/> Ligeramente Ácido |  |
| <input type="checkbox"/> Superficie Opaca     |  |  |

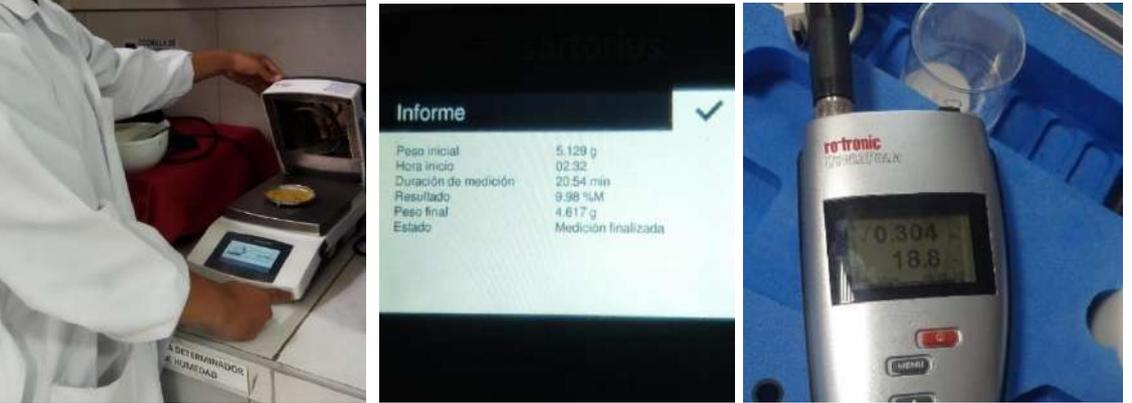


**Anexo II. Galería de fotos durante el desarrollo de las láminas comestibles.**





### Anexo III. Galería de fotos, ensayos fisicoquímicos



**Anexo IV. Galería de fotos, evaluación sensorial**



### Anexo V. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de Smallanthus sonchifolius "yacón"?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la pulpa de yacón antes del secado en laminas comestibles?  ¿Cuál es el efecto de la adición del agente espesante (AMF) y de la Temperatura de secado sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón?  ¿Cuál es la Aceptabilidad de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón de acuerdo a sus atributos sensoriales?  ¿Cuáles son las características nutricionales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Desarrollar láminas comestibles a base de pulpa de Smallanthus sonchifolius "yacón" para su evaluación fisicoquímica y sensorial.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> Determinar las características fisicoquímicas de la pulpa de yacón antes del secado en laminas comestibles.  Evaluar el efecto de la adición del agente espesante (AMF) y de la Temperatura de secado sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón.  Determinar la Aceptabilidad de las láminas comestibles a base de pulpa de pulpa de yacón de acuerdo a sus atributos sensoriales.  Determinar las características nutricionales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b> Desarrollando láminas comestibles a base de pulpa de Smallanthus sonchifolius "yacón" se podrán caracterizar fisicoquímica y sensorialmente.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b> Determinando las características fisicoquímicas de la pulpa de yacón se conocerá cuáles son sus características en un estado inicial.  La adición del agente espesante (AMF) y la Temperatura de secado tienen un efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón.  La Aceptabilidad de las láminas comestibles a base de pulpa de yacón se ve influenciada por sus atributos sensoriales.  Determinando el aporte nutricional de la lámina comestible a base de pulpa de yacón se caracterizará el producto final más aceptable.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  Desarrollo de láminas comestibles a base de pulpa de yacón.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentración de agente espesante.</li> <li>- Condiciones de secado</li> </ul> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  Características fisicoquímicas y sensoriales de láminas comestibles a base de pulpa de yacón</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Características fisicoquímicas</li> <li>- Características sensoriales</li> <li>- Características nutricionales</li> </ul>	<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> Experimental.</p> <p><b>ENFOQUE</b> Cuantitativo.</p> <p><b>POBLACION</b> Yacón comercializado en el mercado central de la localidad.</p> <p><b>MUESTRA.</b> No probabilística 30 kg de yacón fresco 1 kg de almidón modificado.</p> <p><b>PROCESAMIENTO</b> En el procesamiento de datos se empleará técnicas estadísticas, análisis de interpretación de la información con Software XLSTAT 2023 en Microsoft Excel 2019 y Minitab 19 en sus versiones de prueba.</p> <p><b>TECNICAS/INSTRUMENTOS</b> La recolección de información se basó en la observación directa de los procesos y el análisis de las pruebas experimentales mediante técnicas e instrumentos específicos para cada medida.</p>

## Anexo VI. Informe de análisis proximal



### INFORME DE ENSAYO 219524007

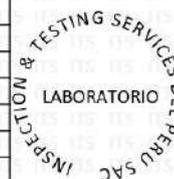
FR 044

N° de Orden de Servicio	: ITS14075
N° de Protocolo	: 219524007
Cliente	: <b>FERNANDO DANIEL LOPEZ LEÓN</b>
Dirección legal del cliente	: Av. Cincuentenario 399
Muestra(s) declarada(s)	: <b>LÁMINA COMESTIBLE A BASE DE PULPA DE YACÓN</b>
Procedencia de la Muestra	: Proporcionado por el cliente
Cantidad de Muestra(s) para ensayo	: 01 muestra (500 g)
Forma de Presentación	: Bolsa de Polipropileno
Identificación de la Muestra	: Cod. Lab: 07-13007
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-07-13
Fecha de Inicio del Análisis	: 2024-07-13
Fecha de Emisión de Informe	: 2024-07-24

#### Parámetros Químicos

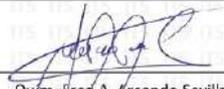
##### Codificación y resultados

Parámetro	Unidad	Resultados		
		Resultado 1	Resultado 2	Promedio
Energía/Calorías	kcal/100g	359,36	359,60	359,52
Carbohidratos	g/100g	86,50	86,35	86,43
Proteína	g/100g	3,09	3,37	3,23
Humedad	g/100g	7,66	7,58	7,62
Cenizas	g/100g	2,64	2,62	2,63
Grasa Total	g/100g	0,11	0,08	0,10
Fibra cruda	g/100g	2,35	2,37	2,36
% kcal provenientes de Grasa	%	0,28	0,20	0,25
% kcal provenientes de Carbohidratos	%	96,28	96,05	96,16
% kcal provenientes de Proteínas	%	3,44	3,75	3,59



#### Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
Energía total	Por Cálculo
Proteína	COVENIN 1195-1980/Alimentos. Determinación de nitrógeno. Método Kjeldahl
Grasa	NMX-F-615-NORMEX-2018. Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet) en alimentos.
Carbohidratos	Por Cálculo
Humedad	NOM-116-SSA1-1994/Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa
Fibra cruda	AOAC 962.09. 1982. Fiber (crude) in animal feed and pet food.
Ceniza	NMX-F-066-S-1978. Determinación de Cenizas en Alimentos
% Kcal. Proveniente de Grasa	Por calculo MS-INN Collazos 1993
% Kcal. Proveniente de Carbohidratos	Por calculo MS-INN Collazos 1993
% Kcal. Proveniente de Proteína	Por calculo MS-INN Collazos 1993

  
 Quím. Fred A. Arcondo Sevilla  
**C.Q.P. 1438**  
 Supervisor de Laboratorio de Química

Fin del documento

1 de 1

El informe de ensayo sólo es válido para las muestra referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal como fueron reconocidas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 08/10/2020

Av. Wiese 3840 1er piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú  
 Teléfonos (01) 4680802 - 934169393 / 999378162 - ✉ itsperu@itsperu.com.pe - 🌐 www.itsperu.com.pe