

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**CARRERA PROFECIONAL DE INSDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE LA SAL  
EN LAS PROPIEDADES DE RENDIMIENTO, TEXTURA Y  
SENSORIAL DE HAMBURGUESA**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFECIONAL DE  
INGENIERO EN INDUSTRAS ALIMENTARIAS**

**Autores: Bach. Agataliz Coronado Cieza**

**Bach. Kori Saraí Tocto García**

**Asesor: Dr. Juan Dario Rios Mera**

**Línea de Investigación: LI\_IIA\_02 Desarrollo y Caracterización de Productos**

**JAÉN – PERÚ**

**2024**

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTICU  
LA DE LA SAL EN LAS PROPIEDADES DE  
RENDIMIENTO, TEXTURA Y SENSORIAL**

AUTOR

**Agataliz Coronado Cleza y Kori Saraf  
Tocto García**

RECuento DE PALABRAS

**13361 Words**

RECuento DE CARACTERES

**70211 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**64 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 15, 2024 12:37 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 15, 2024 12:38 PM GMT-5**

● **8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
*Dr. Alexander Huamán Mera*  
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 27 de noviembre del año 2024, siendo las 8:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Ernesto Hernández Martínez  
Secretario: Dra. María Alina Cueva Ríos  
Vocal: Mg. Ralph Stein Rivera Botonares

- ( ) Trabajo de Investigación  
( X ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DE LA SAL EN LAS PROPIEDADES DE RENDIMIENTO, TEXTURA Y SENSORIAL DE HAMBURGUESA", presentado por las tesis Agataliz Coronado Cieza y Kori Sarai Tocto García de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- ( X ) Aprobar ( ) Desaprobar ( X ) Unanimidad ( ) Mayoría

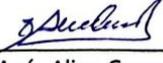
Con la siguiente mención:

- |                |            |      |
|----------------|------------|------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )  |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )  |
| c) Bueno       | 14, 15     | (14) |
| d) Regular     | 13         | ( )  |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )  |

Siendo las 9:40 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 27 de noviembre de 2024

  
Dr. Ernesto Hernández Martínez  
Presidente

  
Dra. María Alina Cueva Ríos  
Secretario

  
Mg. Ralph Stein Rivera Botonares  
Vocal

## FORMATO 04: DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Agataliz Coronado Cieza, identificado(a) con DNI N° 71663777, bachiller de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén; **declaro bajo juramento que:** Soy autor del proyecto de investigación, titulado: “INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE LA SAL EN LAS PROPIEDADES DE RENDIMIENTO, TEXTURA Y PROPIEDADES SENSORIAL DE HAMBURGUESA”

1. El mismo que presento **para optar el:** ( ) Grado Académico de Bachiller (  ) Título Profesional.
2. El proyecto de investigación, **no ha sido plagiado ni total ni parcialmente**, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. El Proyecto de investigación presentado, **no atenta contra derechos de terceros.**
4. El Proyecto de investigación, **no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.**
5. Los datos presentados en los resultados **son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.**

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Informe de investigación, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNJ en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del proyecto de investigación.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el Proyecto de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Jaén, 17 de febrero del 2025



Agataliz Coronado Cieza

**Tesista**



Dr. Juan Darío Ríos Mera

**Asesor**

## FORMATO 04: DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

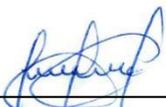
Yo, Kori Sarai Tocto Garcia, identificado(a) con DNI N° 74290055, estudiante de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén; **declaro bajo juramento que:** Soy autor del proyecto de investigación, titulado: “INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE LA SAL EN LAS PROPIEDADES DE RENDIMIENTO, TEXTURA Y PROPIEDADES SENSORIALES DE HAMBURGUESA”

1. El mismo que presento **para optar el:** ( ) Grado Académico de Bachiller (  ) Título Profesional.
2. El Proyecto de investigación, **no ha sido plagiado ni total ni parcialmente**, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. El Proyecto de investigación presentado, **no atenta contra derechos de terceros.**
4. El proyecto de investigación, **no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.**
5. Los datos presentados en los resultados **son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.**

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Informe de investigación, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNJ en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del proyecto de investigación.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el Proyecto de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Jaén, 17 de febrero del 2025

  
\_\_\_\_\_  
Kori Sarai Tocto García  
**Tesista**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Darío Ríos Mera  
**Asesor**

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
2.1. Materia prima e insumos .....	16
2.2. Población, Muestra, Muestreo .....	17
2.2.1. Población.....	17
2.2.2. Muestra.....	17
2.2.3. Muestreo.....	18
2.3. Variables de estudio.....	18
2.3.1. Variables independientes.....	18
2.3.2. Variables dependientes.....	18
2.4. Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos....	19
2.4.1. Preparación de la hamburguesa.....	19
2.4.2. Caracterización de la sal.....	25
2.4.3. Caracterización de la hamburguesa.....	25

2.4.4.	Diseño experimental y análisis de datos .....	27
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
3.1.	Caracterización de la sal .....	29
3.2.	Primera etapa: comparación de tamaños de partícula de sal .....	30
3.2.1.	Propiedades de rendimiento .....	30
3.2.2.	Perfil de textura .....	31
3.2.3.	Caracterización sensorial.....	32
3.2.4.	Aceptación sensorial .....	34
3.3.	Segunda etapa: reducción de sal – sal común vs. sal 60 mesh .....	35
3.3.1.	Propiedades de rendimiento .....	35
3.3.2.	Perfil de textura .....	36
3.3.3.	Caracterización sensorial.....	36
3.3.4.	Aceptación sensorial .....	39
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES.....</b>	<b>42</b>
5.1.	Conclusiones.....	42
5.2.	Recomendaciones .....	43
<b>VI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>
<b>VII.</b>	<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>48</b>
<b>VIII.</b>	<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>49</b>

<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>50</b>
------------------------	-----------

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Tratamientos de hamburguesa de la etapa 1: comparación de tamaños de partícula de sal.....</i>	21
<b>Tabla 2.</b> <i>Formulación (g / 100 g de hamburguesa) de tratamientos de hamburguesas de la etapa 1.....</i>	22
<b>Tabla 3.</b> <i>Tratamientos de hamburguesa de la etapa 2: Reducción del contenido de sal .</i>	24
<b>Tabla 4.</b> <i>Formulación (g / 100 g de hamburguesa) de tratamientos de hamburguesas de la etapa 2.....</i>	24
<b>Tabla 5 .</b> <i>Cálculo de las densidades de los diferentes tratamientos .....</i>	29
<b>Tabla 6.</b> <i>Pérdidas por cocción y reducción de diámetro de hamburguesas elaboradas con diferentes tamaños de partícula de sal.....</i>	30
<b>Tabla 7.</b> <i>Análisis de textura de hamburguesas elaboradas con diferentes tamaños de partícula de sal.....</i>	31
<b>Tabla 8.</b> <i>Pérdidas por cocción y reducción de diámetro de hamburguesas reducidas en sal .....</i>	35
<b>Tabla 9.</b> <i>Análisis de textura de hamburguesas reducidas en sal .....</i>	36
<b>Tabla 10.</b> <i>Análisis de varianza para “dureza” .....</i>	58
<b>Tabla 11.</b> <i>Tukey al 5% de significancia para “dureza” .....</i>	58
<b>Tabla 12.</b> <i>Análisis de varianza para “elasticidad” .....</i>	58
<b>Tabla 13.</b> <i>Análisis de varianza para “cohesión” .....</i>	59
<b>Tabla 14.</b> <i>Análisis de varianza para “masticabilidad” .....</i>	59
<b>Tabla 15.</b> <i>Análisis de varianza para “pérdidas por cocción” .....</i>	59
<b>Tabla 16.</b> <i>Análisis de varianza para “reducción de diámetro” .....</i>	59
<b>Tabla 17.</b> <i>Tukey al 5% de significancia para “reducción de diámetro” .....</i>	60

<b>Tabla 18.</b> <i>Tabla de contingencia de las características sensoriales</i> .....	60
<b>Tabla 19.</b> <i>Impacto de las características sensoriales sobre la aceptación</i> .....	60
<b>Tabla 20.</b> <i>Análisis de varianza para “dureza”</i> .....	62
<b>Tabla 21.</b> <i>Tukey al 5% de significancia para “dureza”</i> .....	62
<b>Tabla 22.</b> <i>Análisis de varianza para “elasticidad”</i> .....	62
<b>Tabla 23.</b> <i>Análisis de varianza para “cohesión”</i> .....	62
<b>Tabla 24.</b> <i>Análisis de varianza para “masticabilidad”</i> .....	62
<b>Tabla 25.</b> <i>Tukey al 5% de significancia para “masticabilidad”</i> .....	63
<b>Tabla 26.</b> <i>Análisis de varianza para “pérdidas por cocción”</i> .....	63
<b>Tabla 27.</b> <i>Análisis de varianza para “reducción de diámetro”</i> .....	63
<b>Tabla 28.</b> <i>Tabla de contingencia de las características sensoriales</i> .....	63
<b>Tabla 29.</b> <i>Impacto de las características sensoriales sobre la aceptación</i> .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Diagrama de flujo de la preparación de hamburguesa</i> .....	19
<b>Figura 2.</b> <i>Mezcla de la sal micronizada con la grasa y carne para la producción de hamburguesas reducidas en contenido de sal</i> .....	23
<b>Figura 3 .</b> <i>Esquema experimental de la investigación</i> .....	28
<b>Figura 4.</b> <i>Análisis de correspondencia (a) y análisis de penalidad (b) de las características sensoriales sobre la aceptación de las hamburguesas elaboradas con diferentes tamaños de partícula de sal</i> .....	33
<b>Figura 5.</b> <i>Promedio de aceptación de hamburguesas elaboradas con diferentes tamaños de partícula de sal</i> .....	34
<b>Figura 6.</b> <i>Análisis de correspondencia (a) y análisis de penalidad (b) de las características sensoriales sobre la aceptación de las hamburguesas reducidas en sal</i> .....	38
<b>Figura 7.</b> <i>Promedio de aceptación de hamburguesas reducidas en sal</i> .....	39
<b>Figura 8.</b> <i>Sal tamizada con la malla de 50 mesh (297 <math>\mu\text{m}</math>)</i> .....	54
<b>Figura 9.</b> <i>Sal tamizada con la malla de 60 mesh (250 <math>\mu\text{m}</math>)</i> .....	54
<b>Figura 10.</b> <i>Sal tamizada con la malla de 70 mesh (2010 <math>\mu\text{m}</math>)</i> .....	54
<b>Figura 11.</b> <i>Sal tamizada con la malla de 80 mesh (117 <math>\mu\text{m}</math>)</i> .....	55
<b>Figura 12.</b> <i>Molienda de carne y grasa</i> .....	55
<b>Figura 13.</b> <i>Carne de res y grasa de cerdo molido</i> .....	55
<b>Figura 14.</b> <i>Mezcla de insumos</i> .....	56
<b>Figura 15.</b> <i>Pesado de la hamburguesa</i> .....	56
<b>Figura 16</b> <i>Moldeado de la hamburguesa</i> .....	56
<b>Figura 17.</b> <i>Cocinado de la hamburguesa</i> .....	57
<b>Figura 18.</b> <i>Análisis de textura de la hamburguesa</i> .....	57

**Figura 19.** *Análisis sensorial de la hamburguesa*..... 57

## **RESUMEN**

El consumo excesivo de sal tiene relación directa con las enfermedades cardiovasculares. En esta investigación se buscó determinar el efecto de tamaños distintos de cloruro de sodio en las características sensoriales y aceptación de hamburguesa bovina, así como en la textura instrumental, rendimiento en términos de reducción del diámetro y pérdidas por cocción, y reducir el uso de sal de 1.5 % a 0.75 % en la formulación de las hamburguesas. Las sales de diferentes tamaños (sal común, gruesa y productos del tamizaje en mallas de 60, 70 y 80 mesh) resultaron en diferencias de densidad aparente. A menor tamaño de partícula de sal, menores fueron las pérdidas por cocción y reducción de diámetro, sin embargo, las características sensoriales sugieren que el límite de micronización de la sal es 60 mesh. La reducción de sal utilizando sal de 60 mesh tendió a aumentar las pérdidas por cocción y reducción de diámetro, así como disminuir la dureza y masticabilidad de la hamburguesa. Sin embargo, las características sensoriales y la aceptación sugieren que se puede reducir sal de 1.5 % a 0.75 % utilizando sal de 60 mesh, sin importar el procedimiento de mezclar mitad de la sal con la grasa.

Palabras clave: Atributos sensoriales, rendimiento, sal micronizada, textura instrumental.

## **ABSTRACT**

Excessive salt consumption is directly related to cardiovascular diseases. In this research, we sought to determine the effect of different sizes of sodium chloride on the sensory characteristics and acceptance of beef burger, as well as on the instrumental texture, yield in terms of diameter reduction and cooking losses, and reduce the use of salt from 1.5% to 0.75% in the formulation of the burgers. Salts of different sizes (common salt, coarse salt and sieving products in meshes of 60, 70 and 80 mesh) resulted in differences in bulk density. The smaller the salt particle size, the lower the losses due to cooking and diameter reduction; however, the sensory characteristics suggest that the micronization limit of salt is 60 mesh. Salt reduction using 60 mesh salt tended to increase cooking losses and diameter reduction, as well as decrease the hardness and chewiness of the burger. However, sensory characteristics and acceptance suggest that salt can be reduced from 1.5% to 0.75% using 60 mesh salt, regardless of the procedure of mixing half the salt with the fat.

**Keywords:** Sensory attributes, performance, micronized salt, instrumental texture.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante miles de años la sal ha sido ampliamente utilizada como aditivo y conservante alimentario, debido a que mejora la calidad de los alimentos, incluida la textura y el sabor. En lo que a salud respecta, la sal es una de las sustancias importantes para mantener el metabolismo humano, puesto que, desempeña importantes funciones fisiológicas, tales como la regulación del contenido de agua en el cuerpo humano, promoviendo la digestión y la absorción, y manteniendo el funcionamiento normal del cuerpo humano. Sin embargo, el problema radica cuando los niveles de ingesta de sal son excesivos que perjudican a la salud humana (Organización Mundial de la Salud, 2023).

Hurts et al.(2022) en su investigación afirman, que un pequeño número de riesgos dietéticos genera un gran impacto en los resultados de salud. Entre ellos, encontramos a la dieta alta en sodio, que origina hipertensión y accidente cerebrovascular, causando más de 3 millones de muertes en todo el mundo cada año y se ha convertido en la crisis dietética más grave a nivel mundial.

La hipertensión arterial es un problema de salud global que afecta a más de mil millones de personas, con dos tercios de los casos en países de ingresos bajos y medianos, según la OMS. Motoula et al. (2023) en uno de sus estudios investigaron la relación entre la presión arterial y el consumo de sodio, en el cual llegaron a concluir que el consumo promedio de sal es más de seis veces superior a los niveles recomendados por la OMS (máximo 5 g de sal por día) y parece estar estrechamente relacionado con los niveles de presión arterial sistólica y diastólica. El hecho de que menos de un tercio de la población consuma una cantidad razonable de sodio resalta la necesidad de llevar a cabo amplias campañas de concienciación sobre los riesgos cardiovasculares asociados a estos hábitos alimentarios.

Los profesionales de alimentos y los científicos han inclinado sus investigaciones a reducir la ingesta de sodio mientras mantienen el sabor, la textura y los aspectos nutricionales de los

productos alimenticios. La eliminación de la sal es una tarea difícil, casi imposible porque realiza diferentes funciones, por ejemplo: impartir sabor, controlar el crecimiento de microorganismos, mejorar la textura del producto, reducir el deterioro mediante el control de la actividad del agua, contribuir a la conservación de los alimentos y aumentar la capacidad de retención de agua (Man, 2007). Además, cabe resaltar que el sabor salado es un impulsor clave de la aceptación de los consumidores en diversos alimentos procesados.

Rios-Mera et al. (2021) en su revisión realizada afirman que sustituir la sal es significado de un gran reto tecnológico para la industria alimentaria, debido a la importancia del cloruro de sodio (NaCl) sobre sustitutos de NaCl, tales como sales sódicas y no sódicas, en la percepción del salado de los alimentos. Sin embargo, propone realizar distintas investigaciones con respecto a reducir el tamaño de sal o el uso de formas de NaCl para maximizar la percepción del salado, lo que provocaría utilizar menos cantidad de NaCl en productos cárnicos y adaptarse a los estándares de ingesta recomendados por la Organización Mundial de la Salud de cualquiera de las fuentes que provenga. En virtud de la problemática abordada, esta investigación será fundamental para descubrir si la reducción de sal responde a similitudes o diferencias con respecto a la percepción del sabor salado y otras características sensoriales. A través de ello también se podrá comprender por qué la diferencia de tamaños de partícula de NaCl afecta las características tecnológicas de un producto cárnico.

Los antecedentes respecto a tamaños de partícula de sal como estrategia para reducir sodio en alimentos son:

Wang et al. (2023) menciona que reducir la sal en los productos cárnicos puede generar varios desafíos, los cuales incluyen la disminución de sus propiedades texturales como de su sabor característico, así como una disminución del nivel percibido de salinidad. Por lo tanto, “reducir el contenido de sal sin reducir el sabor salado, reducir la sal sin afectar la calidad” se ha convertido

en un punto candente de investigación para encontrarle solución al problema de una dieta saludable.

Para percibir el sabor salado de los alimentos, el NaCl debe disociarse primero en la saliva, liberando iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ). Estos iones luego se acercan a las células receptoras del gusto (CRG) y se difunden pasivamente a través de los canales epiteliales de sodio sensibles a amilorida (ENaC) en la superficie de las CRG. Finalmente, esto provoca la transmisión de señales gustativas y la percepción del sabor salado (Dance, 2023). Por ello, Hurst et al. (2021) en su investigación plantea el rediseño de las partículas de sal (tamaño de partícula, morfología, propiedades de superficie y propiedades de flujo) basándose en maximizar la fracción de  $\text{Na}^+$  que se adhiere con éxito al producto y llega a la cavidad bucal y optimizar la velocidad a la que se disuelve la partícula de sal.

Gaudette et al. (2019) en su investigación realizada, utilizaron dos tamaños de cristales de sal de 3 mm recubiertos de grasa como estrategia de reducción del contenido de sodio en hamburguesas. Sus resultados demostraron que el uso de cristales de gran tamaño (3 mm) en hamburguesas de carne resultó en una mayor pérdida de cocción y encogimiento, a pesar de mantener el sabor salado con una reducción significativa de 30% NaCl.

La técnica de utilización de sal micronizada ofrece una solución sencilla y fácilmente aplicable en la industria alimentaria, aprovechando un ingrediente (NaCl) ya presente en las formulaciones originales. Esta técnica consiste en reducir el tamaño de las partículas de sal, un proceso que puede realizarse con equipos accesibles, como un tamiz. Por lo tanto, subraya la viabilidad de desarrollar productos más saludables que respondan a la demanda de alimentos con menor contenido de sodio sin comprometer la aceptación sensorial ni las características texturales, tecnológicas y de color percibidas por los consumidores (Araújo et al., 2024).

En un estudio realizado por Franca et al. (2022), observaron que la reducción de sal no afecta significativamente a los parámetros como son la pérdida por cocción y la reducción del diámetro, lo cual es importante para el rendimiento, especialmente en hamburguesas bajas en sal. También se observaron resultados positivos en términos de textura, ya que sólo las muestras con una reducción de sal del 70% eran significativamente menos duras y masticables.

Otra alternativa viable para lograr reducir el contenido de sal hasta un 50% es el uso de sal micronizada y bajo nivel de cloruro de potasio combinados con ultrasonidos de alta potencia, estrategia que resultó ser muy eficaz para mitigar los defectos tecnológicos asociados con la reducción del 50% de NaCl. Además, esta técnica no afectó significativamente la estabilidad oxidativa de los productos. Asimismo, mantuvo un sabor salado comparable al de los productos sin reducción de NaCl (Rosa et al., 2023).

Rios-Mera et al. (2019) propuso el uso de sal micronizada mezclada parcialmente con grasa de lomo de cerdo, el cual tiene el potencial de ser utilizado como una estrategia de reducción de sodio en la hamburguesa de carne. Al agregar sal micronizada al 1,0 % a dos partes del producto (grasa de lomo de cerdo y masa de carne), las características de rendimiento (pérdida de cocción y reducción de diámetro), pH y color fueron parecidas a las hamburguesas elaboradas convencionalmente con 1.5% sal. Concluyen que la estrategia utilizada tiene un gran potencial de aplicación industrial en productos que contengan fracciones lipídicas en su composición, con el objetivo de reducir el sodio en los alimentos.

A diferencia de los antecedentes, en la presente investigación se evaluó distintos tamaños de partícula de sal y comprobar si la estrategia de mezclar parte de la sal con la grasa importaría para las características sensoriales, aceptación, textura y rendimiento de la hamburguesa. El estudio fue dividido en dos etapas: en la primera etapa se evaluó diversos tamaños de partículas y escogimos el mejor tratamiento considerando las respuestas sensoriales, rendimiento y textura. En la segunda

etapa se evaluó la reducción de sal de 1.5 % a 0.75%, pero también se evaluó si es necesario la mezcla de sal con la grasa. La mezcla con la grasa es básicamente para equilibrar los efectos sensoriales y tecnológicos, especialmente el sabor salado, debido a que la sal se solubiliza en agua con consecuencias en la disminución del sabor salado y posiblemente en la aceptación del producto.

Por lo tanto, ¿Importaría el tamaño de partícula y la mezcla de la sal con la grasa para reducir el contenido de sal en las hamburguesas, considerando la textura, rendimiento, características sensoriales y aceptación de las hamburguesas?

Los objetivos de la investigación fueron:

Objetivo general: Determinar el efecto de tamaños distintos y la reducción de NaCl en las propiedades sensoriales e instrumentales de hamburguesa.

Objetivos específicos:

- a) Determinar si al utilizar la misma concentración de NaCl, las diferencias entre el tamaño de los cristales de NaCl provocarán cambios en las propiedades sensoriales, propiedades de rendimiento y textura instrumental de hamburguesa.
- b) Determinar el efecto de la reducción de NaCl de 1.5% a 0.75% en las propiedades sensoriales, propiedades de rendimiento y textura instrumental de hamburguesa, mediante comparación del NaCl micronizado con NaCl común.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio fue realizado en dos etapas. En la primera etapa, fue comparada los diferentes tamaños de la sal a la misma concentración (1.5%) en la formulación de la hamburguesa. En la segunda etapa se redujo hasta 50% el contenido de sal utilizando el mejor tamaño de sal investigada en la primera etapa. En esta etapa además se utilizó el procedimiento de mezclar mitad de la masa de la sal con la grasa de cerdo utilizada en la formulación de la hamburguesa. El fundamento de este procedimiento se detalla en la sección 2.4.1.

### 2.1. Materia prima e insumos

Para ambas etapas se utilizó carne magra que según la Norma Técnica Peruana 201.055, que hace referencia a la carne en la cual no se evidencia grasa. El tipo de corte fue de cuarto posterior compensado, específicamente corte “tortuga”, que según la Norma Técnica Peruana 201.055 (2008): *Carne y productos cárnicos. Definiciones, clasificación y requisitos de carcasas y carne de bovino*, está ubicado en la región pierna detrás del osobuco, sobre el hueso de la tibia.

Sal, glutamato monosódico, cebolla en polvo, ajo en polvo, pimienta blanca en polvo y agua tratada se obtuvieron del Supermercado Plaza Vea. La carne y la grasa de cerdo fueron obtenidos del mercado Roberto Segura de la ciudad de Jaén. El eritorbato de sodio se consiguió de la empresa Alitecno (Lima, Perú). La sal micronizada se adquirió a partir de la sal comercial (llamada en esta investigación “sal común”), dichos tamaños ya venían así de fábrica y para obtener los diferentes tamaños se tamizó manualmente con mallas de 50 mesh (297 micrómetros), 60 mesh (250 micrómetros), 70 mesh (210 micrómetros) y 80 mesh (117 micrómetros). Además, se utilizó la sal gruesa que prácticamente fue lo que quedó en el tamiz de 297 micrómetros, lo que indica que sus tamaños fueron mayores a 297, 250, 210 y 117 micrómetros.

Las cantidades de los insumos utilizados por cada 100 g de hamburguesa se detallan en las Tablas 3 y 5.

## **2.2. Población, Muestra, Muestreo**

### **2.2.1. Población**

Como población fue considerada la materia prima compuesta por carne magra de vacuno y tocino de cerdo que se obtuvieron del mercado Roberto Segura (Jaén, Cajamarca, Perú).

Con respecto al análisis sensorial, la población estuvo conformada por estudiantes, docentes y administrativos de la Universidad Nacional de Jaén.

### **2.2.2. Muestra**

Se utilizó aproximadamente 12 kg de carne y 2 kg de grasa de cerdo, los cuales fueron adquiridos de acuerdo con los criterios de calidad sanitaria establecidos por la FAO (1990), que considera criterios tales como aspecto, olor, color de carne rojo intenso y uniforme y firmeza al tacto. Cabe indicar que, en la elección de la carne no se tuvo en cuenta los criterios como la raza, sexo ni otros parámetros del animal por no ser de interés en este estudio.

El tamaño de muestra para el análisis sensorial para la primera etapa fueron 77 participantes y para la segunda etapa fueron 79 participantes, entre mujeres y varones. Respecto a la cantidad de participantes, estudios previos muestran la participación de 72 personas (Rios-Mera et al., 2021; Rios-Mera et al., 2022), por lo tanto, una cantidad mayor a 70 puede considerarse adecuado.

Los participantes fueron seleccionados evaluando su disponibilidad y el consumo habitual de hamburguesas. En la primera etapa, el panel de consumidores incluyó a 77 personas (36 hombres y 41 mujeres) con edades entre 18 y 51 años. La frecuencia de consumo de hamburguesas fue la siguiente: el 4% consumía hamburguesas entre una y tres veces por semana, el 42% cada 15 días, el 25% una vez al mes y el 29% rara vez comía hamburguesas. En la segunda etapa,

participaron 79 personas (32 hombres, 46 mujeres y una persona que prefirió no declarar su sexo) con edades entre 18 y 53 años. En esta fase, la frecuencia de consumo fue: el 3% comía hamburguesas entre una y tres veces por semana, el 39% cada 15 días, el 22% una vez al mes y el 37% rara vez comía hamburguesas. Antes de formar parte del estudio, los participantes debían leer y firmar un formulario de consentimiento, el cual contenía información sobre el título del estudio, justificación, objetivos, metodología, riesgos, beneficios, declaración de privacidad y los datos de contacto de los investigadores, esto se puede visualizar en el Anexo 2.

### **2.2.3. Muestreo**

El tipo de muestreo fue por conveniencia. Además, se empleó un muestreo de bola de nieve para el análisis sensorial, que indica que la persona que ha participado del análisis sensorial comunique a otras personas para realizar el análisis.

## **2.3. Variables de estudio**

### **2.3.1. Variables independientes**

**Etapas 1:** Distintos tamaños de sal: común (sin tamizaje), tamaños inferiores a 297, 250, 210 y 117  $\mu\text{m}$ , y sal gruesa (residuo del tamizaje, superior a 297  $\mu\text{m}$ ).

**Etapas 2:** Tratamientos con niveles de reducción de sal (de 1.5% a 0.75%).

### **2.3.2. Variables dependientes**

Para ambas etapas las variables dependientes fueron:

- Perfil sensorial (método CATA) y aceptación de la hamburguesa.
- Textura instrumental (dureza, elasticidad, cohesión y masticabilidad).
- Propiedades de rendimiento (pérdidas por cocción y reducción de diámetro).

## 2.4. Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos.

### 2.4.1. Preparación de la hamburguesa

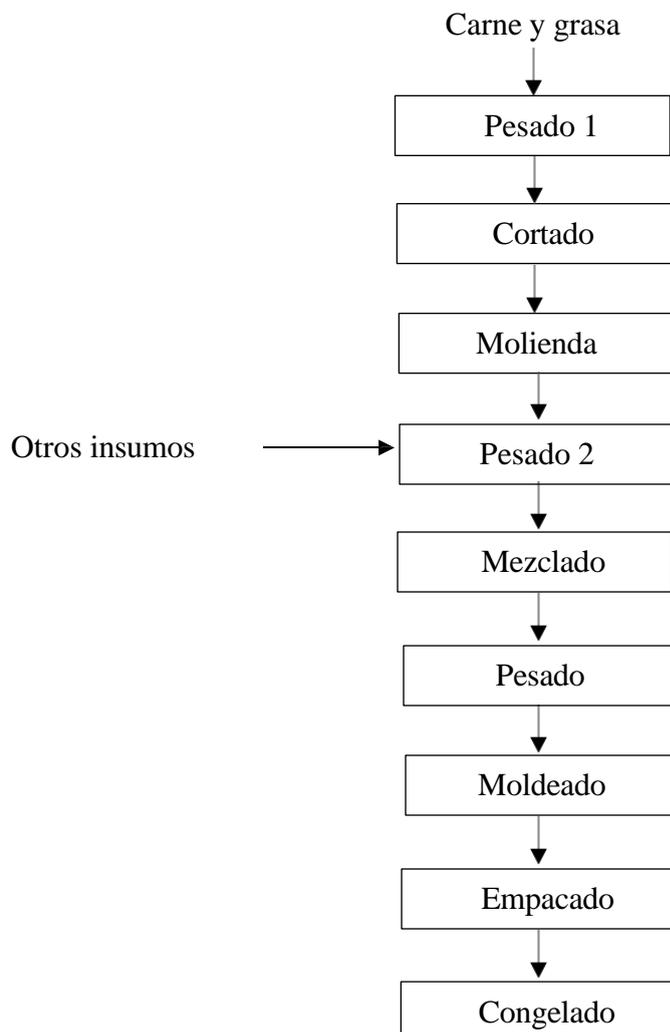
#### Etapa 1.

Las hamburguesas se procesaron mezclando los siguientes insumos: carne (70 %), tocino de cerdo (20 %), agua helada (7.5 %), sal común, micronizada o gruesa (1.5 %), glutamato monosódico (0.28 %), cebolla en polvo (0.28%), ajo en polvo (0.28%), pimienta blanca en polvo (0.15 %) y eritorbato de sodio (0.01 %).

La elaboración de la hamburguesa se realizó de acuerdo con Rios-Mera et al. (2019), el cual se muestra en el diagrama de flujo que se presenta en la Figura 1.

**Figura 1**

*Diagrama de flujo de la preparación de hamburguesa*



## Descripción del diagrama de flujo

- **Pesado 1:** Corresponde al peso de compra que fue 12 kg de carne (corte “tortuga”) y 2 kg de grasa de cerdo de acuerdo con los criterios de calidad según la FAO (1990), que considera criterios tales como aspecto, olor, color de carne rojo intenso y uniforme y firmeza al tacto.
- **Cortado:** La carne y la grasa fue cortada en pequeños trozos para facilitar la molienda.
- **Molienda:** Se utilizó la moledora de marca Boxa que estuvo disponible en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Jaén. Para ello, la carne y la grasa se molieron por separado, pasando por un tornillo sinfín y luego por la cuchilla giratoria de la moledora. Luego, la carne y grasa pasaron por un disco con orificios de 8 mm acoplado a la moledora, hasta obtener el producto molido en un recipiente higienizado.
- **Pesado 2:** El pesado fue para todos los insumos con la cantidad necesaria para cada tratamiento.
- **Mezclado:** Se integraron manualmente los insumos de 3 a 5 minutos hasta crear una mezcla homogénea.
- **Pesado 3:** Se pesó 100 g de la mezcla anteriormente homogeneizada.
- **Moldeado:** Para moldear la hamburguesa se utilizó un molde de plástico de 10 cm de diámetro y 1 cm de espesor.
- **Empacado:** Se utilizó bolsas de polietileno herméticas de tipo *ziploc*.
- **Congelado:** Las hamburguesas procesadas fueron congeladas a  $-6^{\circ}\text{C}$ .

Los tratamientos y los insumos de las hamburguesas en la etapa 1 se muestran en las Tablas 1 y 2.

**Tabla 1.**

*Tratamientos de hamburguesa de la etapa 1: comparación de tamaños de partícula de sal*

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
Sal común	Sal sin tamizaje
Sal gruesa	Sal que no fue tamizado por la malla de 50 mesh
Sal 50 mesh	Tamaño entre 297 $\mu\text{m}$ y 250 $\mu\text{m}$
Sal 60 mesh	Tamaño entre 250 $\mu\text{m}$ y 210 $\mu\text{m}$
Sal 70 mesh	Tamaño entre 210 $\mu\text{m}$ y 117 $\mu\text{m}$
Sal 80 mesh	Tamaño 117 $\mu\text{m}$ a menos

**Tabla 2.***Formulación (g / 100 g de hamburguesa) de tratamientos de hamburguesas de la etapa 1*

Componente	Tratamientos					
	Sal común	Sal gruesa	Sal 50 mesh	Sal 60 mesh	Sal 70 mesh	Sal 80 mesh
Carne magra	70	70	70	70	70	70
Grasa de cerdo	20	20	20	20	20	20
Agua	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Sal común	1.5	-	-	-	-	-
Sal micronizada	-	-	1.5	1.5	1.5	1.5
Sal gruesa	-	1.5	-	-	-	-
Glutamato monosódico	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Cebolla en polvo	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Ajo en polvo	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Pimienta blanca en polvo	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Eritorbato de sodio	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

**Etapa 2.**

El procesamiento de las hamburguesas para la etapa 2 fue realizado de la misma manera que indica el diagrama de flujo de la etapa 1 (Figura 1). Sin embargo, en el proceso de mezclado el contenido de sal micronizada para los tratamientos de reducción de sal (ver detalle en las Tablas 4 y 5) fue adicionado de dos formas: 1) directamente a la carne y 2) mitad de la sal incorporada a la carne y mitad a la grasa de cerdo. Este procedimiento fue realizado con el propósito de equilibrar

las funciones de la sal en los productos cárnicos, específicamente su acción sobre las proteínas de la carne (solubilización proteica) que tiene implicancia en la textura y rendimiento de los productos cárnicos, y evitar disminuir la solubilización de la sal en medio acuoso, para no afectar el sabor salado y otras características sensoriales relacionadas a la hamburguesa (Rios-Mera et al., 2019; Rios-Mera et al., 2021). La solubilización de la sal en agua y la consecuente disminución del sabor salado fue observado incluso en otros tipos de alimentos, por ejemplo, masa de pizza (Guilloux et al., 2013; Mueller et al., 2016). En la Figura 2 se muestra la operación de mezcla de la sal micronizada con la carne y grasa.

## Figura 2

*Mezcla de la sal micronizada con la grasa y carne para la producción de hamburguesas reducidas en contenido de sal (Adaptado de Rios-Mera et al., 2019)*



Los tratamientos y los insumos de las hamburguesas en la etapa 2 se muestran en las Tablas 3 y 4.

**Tabla 3***Tratamientos de hamburguesa de la etapa 2: Reducción del contenido de sal*

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
SC 1.5	1.5 % sal común
SM 1.0	1.0 % sal micronizada
SM 1.0+1.0	1.0 % sal micronizada, mitad en carne + mitad en grasa
SM 0.75	0.75 % sal micronizada
SM 0.375+0.375	0.75 % sal micronizada, mitad en carne + mitad en grasa

**Tabla 4.***Formulación (g / 100 g de hamburguesa) de tratamientos de hamburguesas de la etapa 2*

<b>Componente</b>	<b>Tratamientos</b>				
	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>
Carne magra	70	70	70	70	70
Grasa de cerdo	20	20	20	20	20
Agua	7.5	8.0	8.0	8.25	8.25
Sal común	1.5	-	-	-	-
Sal micronizada en carne	-	1.0	0.5	0.75	0.375
Sal micronizada en grasa	-	-	0.5	-	0.375
Glutamato monosódico	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Cebolla en polvo	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Ajo en polvo	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Pimienta blanca en polvo	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Eritorbato de sodio	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

De la Tabla 4 se puede observar que cuando se redujo el contenido de sal la cantidad de agua aumentó con el objetivo de alcanzar el 100 % del total de los insumos. El mismo procedimiento fue realizado por Saavedra et al. (2022), en el que no observaron implicancias del aumento de agua en los resultados de hamburguesas de pescado reducidas en sal.

#### **2.4.2. Caracterización de la sal**

Para determinar la densidad aparente de sal común, sal micronizada y sal gruesa se llevó a cabo el proceso de Lavoie et al. (2002). Para ello, para cada tipo de sal se pesó una probeta graduada de 100 ml vacía, luego se agregó 40 ml de partículas de sal y se volvió a pesar la probeta, misma que fue cerrada con cinta Parafilm. Posterior a ello, se invirtió cuidadosamente la probeta y se volvió a la posición inicial por una vez. La densidad aparente se calculó dividiendo la masa de la sal por el volumen total leído. Las mediciones se realizaron en tres repeticiones.

#### **2.4.3. Caracterización de la hamburguesa**

Las muestras fueron cocidas en plancha eléctrica a 150 °C, hasta alcanzar la temperatura interna de 75 °C en la hamburguesa. La temperatura interna de la hamburguesa fue monitoreada con termómetro metálico de punta. Luego, las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiente (25 °C), para la determinación de propiedades de rendimiento y textura, y a 45 °C para la caracterización sensorial (Rios-Mera et al., 2019).

#### **Propiedades de rendimiento**

En las propiedades de rendimiento se evaluaron las pérdidas por cocción y la reducción de diámetro. Con respecto a las pérdidas por cocción, lo cual corresponde al peso de la hamburguesa

antes y después de la cocción, se expresó en porcentaje y se calculó según la ecuación de Selani et al. (2016).

$$\%p\acute{e}rdida\ por\ cocción = \frac{Hamburguesa\ cruda(g) - Hamburguesa\ cocida(g)}{Hamburguesa\ cruda(g)} \times 100$$

Los cálculos para la reducción de diámetro de las muestras se realizaron con la medida del diámetro antes y después de la cocción, de acuerdo con Sánchez-Zapata et al. (2010).

$$Reducción\ de\ diámetro = \frac{Hamburguesa\ cruda(cm) - Hamburguesa\ cocida(cm)}{Hamburguesa\ cruda(cm)} \times 100$$

### **Análisis del perfil de textura**

El análisis del perfil de textura fue evaluado mediante un Texturómetro TVT 6700 (Perkin Elmer, Australia) con una celda de carga de 50 kg, acoplado a sonda cilíndrica para la determinación de la textura siguiendo el procedimiento de Selani et al. (2016). Se cortó una muestra cilíndrica (2,5 cm de diámetro, 2 cm de altura) de la hamburguesa y se comprimió con una sonda de 3,5 cm de diámetro (modelo 673035) acoplada al texturómetro. La muestra fue comprimida hasta 75% de su altura original a una velocidad constante de 20 cm/min. Posteriormente a ello, se determinó los siguientes parámetros. 1) Dureza (Newton, N): Definida como la fuerza necesaria para lograr la deformación (fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión). 2) Elasticidad: La distancia que recupera el alimento entre el final de la primera compresión y el comienzo de la segunda compresión. 3) Cohesión: La relación del área bajo la segunda curva al área bajo la primera curva. 5) Capacidad masticatoria (masticabilidad) (N): (dureza x cohesión x elasticidad). Las mediciones fueron repetidas por cinco veces.

## **Caracterización sensorial**

La caracterización sensorial de las hamburguesas, basada en consumidores, fue realizada en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Nacional de Jaén. Los datos fueron obtenidos mediante el aporte directo de estudiantes, docentes y administrativos de la Universidad Nacional de Jaén, en el cual ellos fueron encargados de llenar un cuestionario utilizando la técnica de Marque Todo lo que se Aplica (Check-All-That-Apply – CATA), mediante una lista de términos sensoriales aplicables al producto. Los términos sensoriales que se tomaron en cuenta fueron los utilizados por Rios-Mera et al. (2020), el cual consta de quince atributos (salado, condimentado, picante, asado, sabor residual, sabroso, jugoso, compacto, suave, seco, grasoso, carne de res, característico, duro y aromático). Previamente, los consumidores indicaron la aceptación del producto usando una escala hedónica categórica de 9 puntos, variando de “me disgusta extremadamente” hasta “me gusta extremadamente” (Peryam y Pilgrim, 1957). En el Anexo 1, se muestra el cuestionario CATA que se utilizó.

### ***2.4.4. Diseño experimental y análisis de datos***

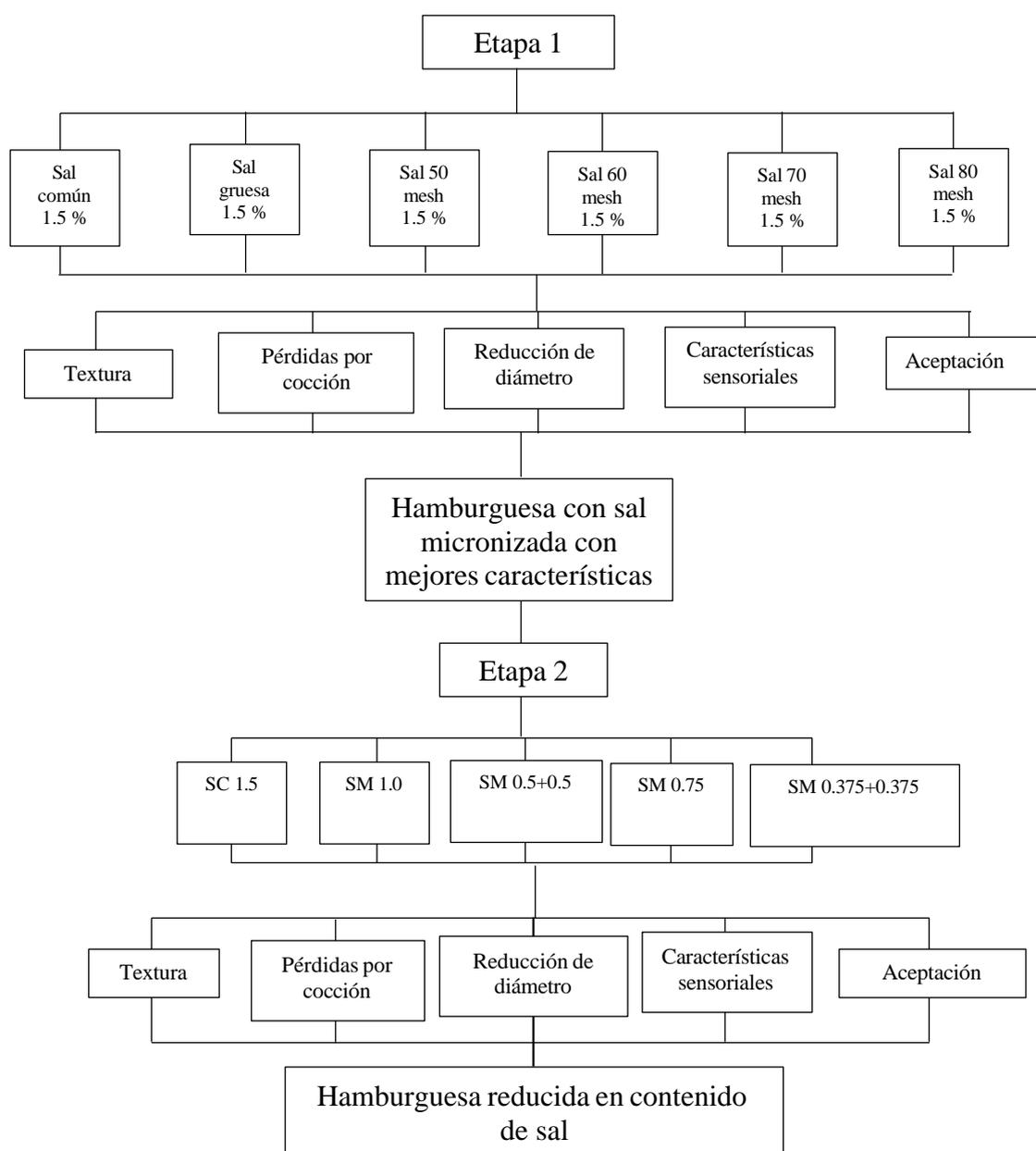
Para ambas etapas, se utilizó un diseño en bloques completos al azar para las propiedades de rendimiento, textura instrumental y aceptación. Fuentes de variación: tratamientos: tamaño de partícula de sal (etapa 1) y reducción de sal (etapa 2) y bloques (3 procesamientos independientes de los tratamientos en 3 días distintos). Los resultados de propiedades de rendimiento y textura instrumental fueron analizados mediante Análisis de la Varianza (ANVA) a un nivel de significancia del 5%, y cuando hubo diferencias significativas se utilizó la prueba Tukey para identificar entre cuales tratamientos existen las diferencias.

Los resultados de las características sensoriales (CATA) fueron procesados mediante mapa sensorial de análisis de correspondencia, basado en la frecuencia de mención de cada atributo

sensorial por los consumidores, considerando las distancias Chi-cuadrado. También se realizó un análisis de penalidad para determinar el impacto de las características sensoriales en la aceptación de las hamburguesas (Saldaña et al., 2018). En la Figura 3 se detalla el esquema experimental de la investigación.

**Figura 3**

*Esquema experimental de la investigación*



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Caracterización de la sal

En la Tabla 5 se evidencia las sales con diferentes tamaños (sal común, los tamaños inferiores a 297, 250, 210 y 117  $\mu\text{m}$ , y sal gruesa) las cuales mostraron diferencias con respecto a la densidad aparente. La mayor densidad se obtuvo para la sal gruesa, y las menores para las sales de 70 y 80 mesh. Una menor densidad significa mayor volumen a ser ocupado en un área. En este contexto, las sales de menor tamaño de partícula ocuparán más espacio en la hamburguesa y consecuente en la boca durante la masticación, pudiendo mejorarse la percepción de sabor salado. Sin embargo, habrá también una mayor exposición de la sal al agua contenida en el producto, pudiendo la sal solubilizarse y posiblemente afectar el sabor salado y la aceptación de la hamburguesa.

**Tabla 5**

*Cálculo de las densidades de los diferentes tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar</b>
Sal común	0.98 $\pm$ 0.02
Sal gruesa	1.01 $\pm$ 0.03
Sal 50 mesh	0.85 $\pm$ 0.01
Sal 60 mesh	0.77 $\pm$ 0.01
Sal 70 mesh	0.76 $\pm$ 0.01
Sal 80 mesh	0.76 $\pm$ 0.01

## 3.2. Primera etapa: comparación de tamaños de partícula de sal

### 3.2.1. Propiedades de rendimiento

En la Tabla 6 se muestra las pérdidas por cocción y la reducción del diámetro de los 6 tratamientos estudiados en la primera etapa. La mayor pérdida por cocción se registró en el tratamiento 4, el cual pertenece a la sal micronizada de 60 mesh (250 micrómetros), no obstante, sólo fue significativamente superior al tratamiento de menor tamaño de sal (80 mesh, 117 micrómetros). En este sentido, se puede afirmar que la sal de 80 mesh hizo que la hamburguesa retenga más componentes (agua y grasa) después de la cocción.

**Tabla 6**

*Pérdidas por cocción y reducción de diámetro de hamburguesas elaboradas con diferentes tamaños de partícula de sal*

Tratamiento	Pérdidas por cocción (%)	Reducción de diámetro (%)
Sal común	37.97 ± 1.81 <sup>ab</sup>	20.48 ± 2.38 <sup>b</sup>
Sal gruesa	39.67 ± 2.01 <sup>ab</sup>	23.67 ± 1.63 <sup>a</sup>
Sal 50 mesh	38.05 ± 0.81 <sup>ab</sup>	20.86 ± 0.89 <sup>b</sup>
Sal 60 mesh	40.62 ± 1.18 <sup>a</sup>	21.65 ± 1.15 <sup>ab</sup>
Sal 70 mesh	38.04 ± 2.18 <sup>ab</sup>	20.68 ± 4.50 <sup>b</sup>
Sal 80 mesh	34.07 ± 2.54 <sup>b</sup>	18.28 ± 1.15 <sup>c</sup>

Letras diferentes entre valores medios en la misma columna significan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

Para los resultados de reducción de diámetro, la sal de 80 mesh además redujo en menor medida el diámetro de las hamburguesas, siendo significativamente inferior al resto de

tratamientos. Para los otros tratamientos no hubo una tendencia, aunque se puede decir que la sal gruesa aumento más las pérdidas por cocción y la reducción de diámetro.

### 3.2.2. Perfil de textura

En la Tabla 7 se muestra el análisis del perfil de textura de los seis tratamientos de hamburguesa procesadas con sal micronizada, sal común y sal gruesa. No hubo efecto ( $P > 0,05$ ) en el perfil de textura de todas las muestras procesadas con contenidos de sal iguales, excepto para la dureza, pero sin una tendencia clara sobre el tamaño de partícula de sal.

**Tabla 7**

*Análisis de textura de hamburguesas elaboradas con diferentes tamaños de partícula de sal*

<b>Tratamiento</b>	<b>Dureza (N)</b>	<b>Elasticidad</b>	<b>Cohesión</b>	<b>Masticabilidad (N)</b>
Sal común	51.86 ± 6.82 <sup>ab</sup>	0,86 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.05 <sup>a</sup>	22.63 ± 4.23 <sup>a</sup>
Sal gruesa	60.02 ± 1.28 <sup>a</sup>	0,82 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.52 ± 0.03 <sup>a</sup>	25.62 ± 2.40 <sup>a</sup>
Sal 50 mesh	49.22 ± 1.46 <sup>b</sup>	0,84 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.55 ± 0.01 <sup>a</sup>	22.88 ± 1.16 <sup>a</sup>
Sal 60 mesh	58.26 ± 2.82 <sup>ab</sup>	0,87 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.02 <sup>a</sup>	27.41 ± 5.39 <sup>a</sup>
Sal 70 mesh	57.39 ± 0.79 <sup>ab</sup>	0,86 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.04 <sup>a</sup>	27.61 ± 3.37 <sup>a</sup>
Sal 80 mesh	48.18 ± 3.16 <sup>b</sup>	0,78 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.48 ± 0.02 <sup>a</sup>	18.28 ± 2.11 <sup>a</sup>

Letras diferentes entre valores medios en la misma columna significan diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ).

No obstante, a la falta de diferencias estadísticas, de la tabla anterior podemos observar que la sal de 80 mesh presenta menores valores de dureza, elasticidad, cohesión y masticabilidad.

### **3.2.3. Caracterización sensorial**

El perfil sensorial se muestra en la Figura 4a. Las dos primeras dimensiones del AC (análisis de correspondencia) explican el 66% de la variabilidad de los datos. Los consumidores lograron diferenciar los distintos tratamientos de sal, el cual se encuentra evidenciado en la segunda dimensión (vertical) de AC. El tratamiento de 60 mesh estuvo asociado con atributos sensoriales tales como jugoso, carne y salado. El tratamiento de menor tamaño de sal (80 mesh) no tuvo relación con atributos sensoriales, en el que posiblemente la sal haya sufrido solubilización acuosa causando que el producto no destaque en ninguna característica sensorial, o dicho en términos coloquiales, el producto pudo haber resultado “insípido” o “desabrido”. Es importante mencionar que la sal de 80 mesh obtuvo mejores resultados en las propiedades de rendimiento y textura de la hamburguesa (Tablas 7 y 8), pero las respuestas sensoriales muestran que no es el tamaño de sal adecuado para reducir sal en hamburguesa.



En la Figura 4b, los atributos positivos para la aceptación fueron sabroso, jugoso, aromático, sazonado y suave, mientras que los atributos negativos para la aceptación fueron salado y grasoso. El atributo que más se acercó a la aceptación fue sabroso. Esto indica que mientras una muestra sea más sabrosa, esta será más aceptada por los consumidores.

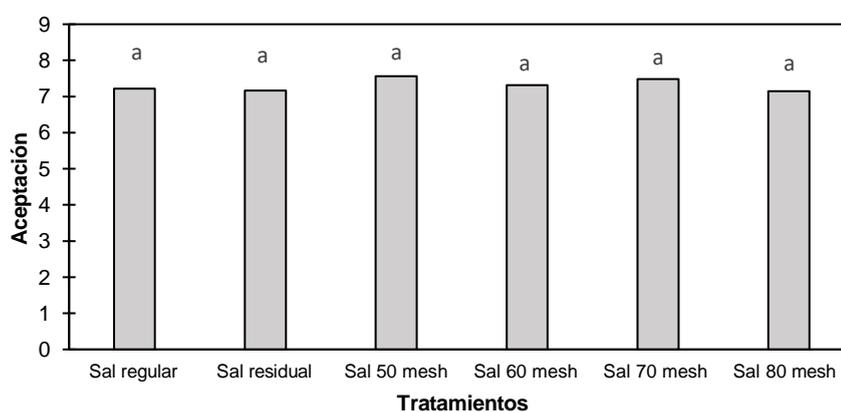
De los atributos que impactaron positivamente en la aceptación, se destaca jugoso como aquel que caracterizó al tratamiento de 60 mesh. Cabe resaltar que este tratamiento también se caracterizó como salado, un direccionador negativo de la aceptación, es decir, es probable que los consumidores consideraron a este tratamiento como muy salado. Sin embargo, al ser más salado brinda la opción de reducir sal en el producto, por lo tanto, desde la perspectiva sensorial, el tratamiento de 60 mesh se escogió para la segunda etapa de reducción de sal.

#### 3.2.4. Aceptación sensorial

Según el análisis sensorial realizado, en la aceptación no existió diferencias entre tratamientos, tal como se puede observar en la Figura 5.

**Figura 5.**

*Promedio de aceptación de hamburguesas elaboradas con diferentes tamaños de partícula de sal*



### 3.3. Segunda etapa: reducción de sal – sal común vs. sal 60 mesh

En esta etapa se realizó una comparación entre la sal común (1.5%) y la sal de 60 mesh (1.0% y 0.75%). La sal común se agregó directamente a la carne en su totalidad, y la sal micronizada se agregó en dos formas: 1) directo a la carne y 2) mitad a la carne y mitad a la grasa.

#### 3.3.1. Propiedades de rendimiento

Las propiedades de rendimiento de las hamburguesas se muestran en la Tabla 8. Las pérdidas por cocción y reducción de diámetro no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, solo diferencias numéricas. La reducción del contenido de sal micronizada mezclada con la grasa aumenta las pérdidas por cocción en las dos concentraciones evaluadas (1.0 % y 0.75 %), mas no la reducción del diámetro.

**Tabla 8**

*Pérdidas por cocción y reducción de diámetro de hamburguesas reducidas en sal*

<b>Tratamiento</b>	<b>Pérdidas por cocción (%)</b>	<b>Reducción de diámetro (%)</b>
SC 1.5	35.18 ± 2.39 <sup>a</sup>	27.34 ± 1.29 <sup>a</sup>
SM 1.0	40.29 ± 4.24 <sup>a</sup>	31.84 ± 3.42 <sup>a</sup>
SM 0.5+0.5	41.23 ± 0.58 <sup>a</sup>	31.67 ± 3.27 <sup>a</sup>
SM 0.75	40.71 ± 0.45 <sup>a</sup>	31.60 ± 0.64 <sup>a</sup>
SM 0.375+0.375	42.24 ± 4.06 <sup>a</sup>	31.70 ± 1.82 <sup>a</sup>

Letras diferentes entre valores medios en la misma columna significan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

### 3.3.2. Perfil de textura

Cuando hay reducción de sal se presenta menor dureza y masticabilidad. Por otro lado, la elasticidad y cohesión no presentaron cambios estadísticos. El tratamiento más duro y masticable fue el de 1.5 % sal común (SC 1.5).

**Tabla 9**

*Análisis de textura de hamburguesas reducidas en sal*

Tratamiento	Dureza (N)	Elasticidad	Cohesión	Masticabilidad (N)
SC 1.5	64.16 ± 3.93 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.03 <sup>a</sup>	26.21 ± 2.85 <sup>a</sup>
SM 1.0	56.97 ± 3.82 <sup>ab</sup>	0.80 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.08 <sup>a</sup>	24.02 ± 3.39 <sup>ab</sup>
SM 0.5+0.5	52.18 ± 1.26 <sup>bc</sup>	0.76 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.02 <sup>a</sup>	21.05 ± 2.02 <sup>ab</sup>
SM 0.75	50.33 ± 3.72 <sup>bc</sup>	0.75 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.01 <sup>a</sup>	18.99 ± 2.25 <sup>ab</sup>
SM 0.375+0.375	42.89 ± 6.61 <sup>c</sup>	0.79 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.04 <sup>a</sup>	17.16 ± 4.12 <sup>b</sup>

Letras diferentes entre valores medios en la misma columna significan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

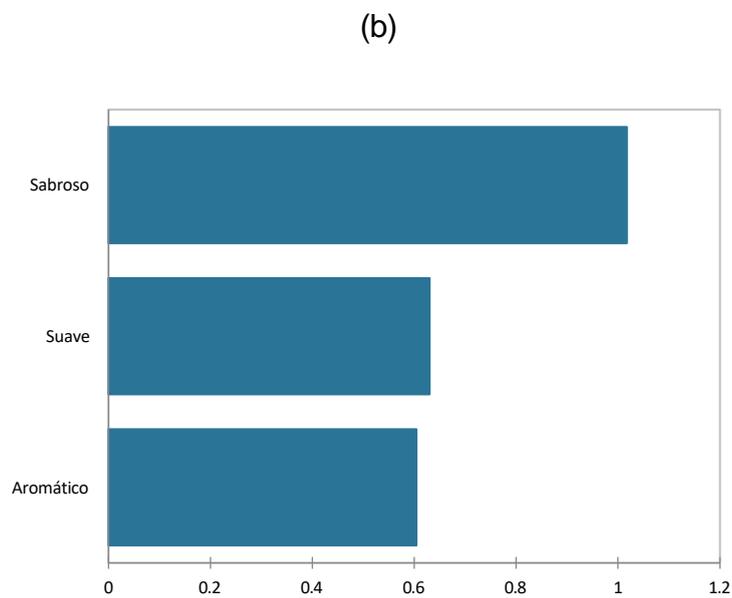
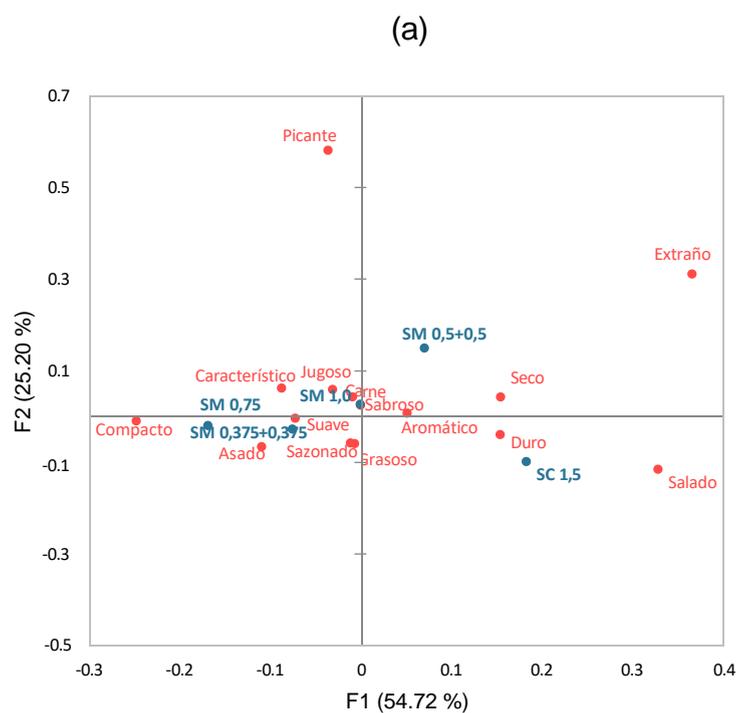
### 3.3.3. Caracterización sensorial

La concentración de sal y la mezcla de la mitad de sal micronizada con la grasa influyeron en la distribución de los tratamientos en AC (Figura 6a). La muestra con mayor contenido de sal (SC 1.5) se caracterizó como dura y salada, coincidiendo con los resultados de dureza y

masticabilidad (Tabla 9) y con la cantidad de sal agregada al producto. Los atributos positivos para la aceptación fueron sabroso, suave y aromático (Figura 4b), los cuales estuvieron presentes principalmente en los tratamientos SM 1.0, SM 0.75 y SM 0.375+0.375, excepto por el atributo aromático que caracterizó a la hamburguesa SM 0.5+0.5. En este sentido, los resultados de la caracterización sensorial sugieren que mezclar mitad del contenido de sal con la grasa no altera positiva ni negativamente la percepción sensorial de los consumidores, así mismo la reducción de sal en hasta un 50 % (de 1.5 % a 0.75 %). Por lo tanto, para reducir sal en hamburguesas, se recomienda usar sal con un tamaño de partícula en el rango de 210  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$  y una concentración de sal del 0.75 %, pero la adición directa a la masa de carne no es una preocupación sensorial.

## Figura 6

Análisis de correspondencia (a) y análisis de penalidad (b) de las características sensoriales sobre la aceptación de las hamburguesas reducidas en sal

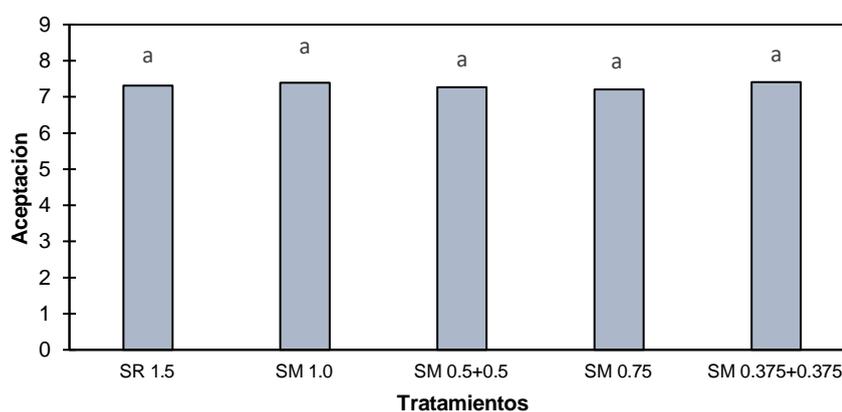


### 3.3.4. Aceptación sensorial

Según el análisis sensorial realizado, la reducción de sal fue desapercibida entre los consumidores, puesto que no existió diferencias entre tratamientos, tal como se puede evidenciar en la Figura 7.

**Figura 7**

*Promedio de aceptación de hamburguesas reducidas en sal*



## IV. DISCUSIÓN

La reducción de sal mediante la modificación del tamaño de partícula de sal ha sido objeto de revisión por diversos autores (Azeredo et al., 2021; Jia et al., 2024; Lorén et al., 2023; Rios-Mera et al., 2023; Yang et al., 2024). Sin embargo, la comparación de diversos tamaños de partícula de sal en hamburguesas no se ha reportado anteriormente. Elegir un tamaño de partícula ideal considerando respuestas instrumentales y sensoriales puede resultar en productos con características mejoradas cuando el desafío es reducir sal con el propósito de obtener un producto menos dañino para la salud, enfoque estudiado en la presente investigación.

Puede ser entendido que cuanto menor es el tamaño de partícula de sal mejor será la penetración en el producto, fenómeno observado por Aheto et al. (2019) en carne de cerdo. En este contexto, la sal podrá tener mejor acción sobre las proteínas de la carne, que según Desmond (2006), la sal solubiliza a las proteínas que resulta en la formación de una red que retiene agua y otros componentes en los productos cárnicos, permitiendo un mayor rendimiento y la obtención de un producto con dureza y masticabilidad disminuida. Sin embargo, desde el punto de vista sensorial, la sal de 80 mesh no destacó en características sensoriales, por lo cual sugerimos que haya sufrido solubilización acuosa causando disminución de sabores tales como el sabor salado. Rios-Mera et al. (2021) en su revisión detallan que el mecanismo de percepción de sabor salado sucede cuando los iones de la sal (sodio y cloro) están juntos y en contacto con los receptores de sabor salado en la boca, por ende, cuando se solubiliza la sal existe separación de los iones que resulta en disminución del sabor salado. Este fenómeno fue sugerido previamente en otros estudios (Guilloux et al. 2013; Mueller et al., 2016 & Rios-Mera et al., 2019).

El tamaño de partícula que destacó sensorialmente fue el de 60 mesh, ya que fue percibido como jugoso y salado. Este tamaño de sal fue uno de los que obtuvo valores bajos de densidad aparente, entendiéndose entonces que tuvo una mejor distribución que la sal común y sal gruesa

para ser percibido como más salado. El resultado sensorial además indica que el tamaño de sal de 60 mesh puede ser considerado el límite de reducción de partícula de sal para ser usado como ingrediente para reducir sal en hamburguesa.

Para la segunda etapa del estudio la cual estuvo enmarcada por la reducción del contenido de sal de 1.5% a 0.5% en hamburguesas, y la aplicación del procedimiento de mezclar la mitad del contenido de sal con grasa. A pesar de ciertas tendencias en el aumento de las pérdidas por cocción y reducción de diámetro cuando se redujo sal en las hamburguesas, no hubo diferencias significativas. Resultados similares fueron observados por Saavedra et al. (2022) en las pérdidas por cocción de hamburguesa de pescado reducida en sal, mientras que las tendencias de la disminución de rendimiento se alinean con los resultados de Rios-Mera et al. (2019) y Araújo et al. (2024). Por otro lado, la disminución de la dureza y masticabilidad con la reducción de sal puede entenderse que menos sal hay para actuar sobre la formación de gel de las proteínas durante la cocción, que según Rios-Mera et al. (2020) y Terrel (1983), esta acción de la sal resulta en un producto más firme, duro y masticable. Resultados similares de disminución de dureza y masticabilidad con la reducción de sal fueron observados por Saavedra et al. (2022).

En las características sensoriales, los resultados sugieren que mezclar mitad de la sal con la grasa no afecta negativamente características como el sabor salado, por lo que puede ser entendido que la sal de 60 mesh es capaz de soportar la solubilización acuosa que afecta el sabor salado (Guilloux et al., Mueller et al., 2016; Rios-Mera et al., 2019). Por lo tanto, existe la posibilidad de reducir de 1.5 % a 0.75 % el contenido de sal en hamburguesa, utilizando sal de 60 mesh (250  $\mu\text{m}$ ), sin importar el procedimiento de mezclar mitad de la sal con la grasa.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

### 5.1. Conclusiones

La sal común, los tamaños inferiores a 297, 250, 210 y 117  $\mu\text{m}$ , y sal gruesa, muestran diferencias con respecto a la densidad aparente. La mayor densidad se obtuvo para la sal gruesa, y las menores para las sales de 70 y 80 mesh.

Al utilizar la misma concentración (1.5 %) de sal, pero con diferencias en el tamaño de partícula, se provocaron cambios en las propiedades sensoriales, propiedades de rendimiento y textura instrumental de hamburguesa. Las hamburguesas con el tamaño de sal más pequeño (177  $\mu\text{m}$ ) se destacaron por presentar la menor dureza, pérdidas por cocción y reducción de diámetro, a diferencia de las hamburguesas con partículas de sal más gruesas. Con respecto a la aceptación sensorial no se encontraron cambios significativos, puesto que la aceptación varió de 7.14 a 7.56 en la escala hedónica de 9 puntos. Sin embargo, cabe resaltar que los atributos sensoriales que caracterizaron los tratamientos son relevantes porque afectan la aceptabilidad del producto. Por ello, los atributos positivos que impulsaron la aceptación de las hamburguesas son sabroso y jugoso, éste último caracterizó a la hamburguesa procesada con sal de 250  $\mu\text{m}$ , tratamiento que fue elegido para la segunda etapa en el que se llevó a cabo la reducción de la concentración de sal.

La reducción del contenido de sal de 1.5 % a 0.75 % influyó en la disminución de la dureza y la masticabilidad. Al mismo tiempo, las pérdidas por cocción y la reducción del diámetro aumentaron debido a la menor cantidad de sal, aunque no se observaron diferencias significativas. En cuanto a dureza y masticabilidad, se notaron diferencias numéricas entre los grupos SM 1.0 y SM 0.5+0.5, así como entre SM 0.75 y SM 0.375+0.375, donde estos parámetros disminuyeron cuando la mitad de la sal se mezcló con grasa animal. Los resultados de la aceptación variaron de 7.20 a 7.41 en la escala hedónica de 9 puntos, sin diferencias significativas entre los tratamientos. Finalmente, los resultados sensoriales indican que es posible utilizar sal con un tamaño de partícula

de 60 mesh (250  $\mu\text{m}$ ) en una concentración de hasta 0,75 % en hamburguesas, pero la adición directa de la sal a la masa de carne no supone ningún problema.

## **5.2. Recomendaciones**

Dada la evidencia científica actual del consumo excesivo de sal, las estrategias de intervención deberían dirigirse fundamentalmente a cómo reducir la cantidad de sal a través de los alimentos procesados por la industria, teniendo en cuenta también los hábitos y estilos de consumo para cada individuo en particular. El Perú adoptó la Ley N° 30021 promovida por la Organización Mundial de la Salud: Ley de promoción de la alimentación saludable para niños, niñas y adolescentes, la cual fue desarrollada para incluir especificaciones técnicas para productos alimenticios que traen los típicos logos de los octógonos, en el cual advierte a los consumidores sobre las cantidades excesivas de azúcar, sodio, grasas saturadas o grasas trans.

Se recomienda que, cuando se tiene un estándar de textura deseada para trabajar con productos cárnicos similares a los del presente estudio, es de vital importancia la elección del tamaño de partícula de sal. Dentro de las alternativas más viables encontramos las partículas de sal <250  $\mu\text{m}$  que serían las más apropiadas para mantener atributos sensoriales positivos para la aceptación del producto.

Se recomienda continuar estudiando científicamente el uso de la sal micronizada para la reducción del consumo de sodio debido a su potencial para mantener la calidad sensorial y la textura de los alimentos. La aceptación del consumidor y la optimización de formulaciones alimentarias son áreas clave que requieren investigación adicional. La viabilidad económica y la implementación en la industria alimentaria también deben ser exploradas para asegurar que la sal micronizada sea una solución sostenible y segura. La investigación en esta área podría impulsar la

innovación alimentaria y contribuir significativamente a la mejora de la salud pública mediante la reducción del sodio en la dieta.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aheto, J. H., Huang, X., Xiaoyu, T., Bonah, E., Ren, Y., Alenyorege, E. A., & Chunxia, D. (2019). Investigation into crystal size effect on sodium chloride uptake and water activity of pork meat using hyperspectral imaging. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43, e14197. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14197>
- Araújo, C. D. L. de, Krauskopf, M. M., Manzi, J. A. S., Santos, K. C., Rios-Mera, J. D., Dargelio, M. D. B., Saldaña, E., & Castillo, C. J. C. (2024). Influence of micronized salt and high-power ultrasound on the quality of beef burgers. *Scientia Agricola*, 81, e20230033. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2023-0033>
- Araújo, C. D. L., Krauskopf, M. M., Manzi, J. A. S., Barbosa, J. A. L., Cavalcante, C. L., Feltre, G., Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., & Contreras Castillo, C. J. (2024). Impact of Micronized Salt in Reducing the Sodium Content in Fresh Sausages. *Foods*, 13(3), 459.
- Azeredo, H. M. C., Tonon, R. V., & McClements, D. J. (2021). Designing healthier foods: Reducing the content or digestibility of key nutrients. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 459–470. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.023>
- Dance, A. (2023). *El sabor salado es sorprendentemente misterioso*. <https://es.knowablemagazine.org/content/articulo/alimentos-ambiente/2023/sabor-salado-es-sorprendentemente-misterioso>
- Desmond, E. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 74(1), 188–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.014>
- FAO. (1990). *Manual sobre métodos sencillos de conservación de carne*. <https://www.fao.org/4/x6932e/X6932E00.htm#TOC>
- França, F., Harada-Padermo, S. dos S., Frasceto, R. A., Saldaña, E., Lorenzo, J. M., Vieira, T. M. F. de S., & Selani, M. M. (2022). Umami ingredient from shiitake (*Lentinula edodes*) by-products as a flavor enhancer in low-salt beef burgers: Effects on physicochemical and technological properties. *LWT*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112724>
- Gaudette, N. J., Pietrasik, Z., & Johnston, S. P. (2019). Application of taste contrast to enhance the saltiness of reduced sodium beef patties. *LWT*, 116, 108585. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108585>
- Guilloux, M., Prost, C., Catanéo, C., Leray, G., Chevallier, S., Le Bail, A., & Lethuaut, L. (2013). Impact of Salt Granulometry and Method of Incorporation of Salt on the Salty and Texture

- Perception of Model Pizza Dough. *Journal of Texture Studies*, 44(5), 397–408. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jtxs.12029>
- Hurst, K. E., Ayed, C., Derbenev, I. N., Hewson, L., & Fisk, I. D. (2021). Physicochemical design rules for the formulation of novel salt particles with optimised saltiness. *Food Chemistry*, 360, 129990. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129990>
- Hurst, K. E., Hewson, L., & Fisk, I. D. (2022). Sensory perception and consumer acceptance of commercial and salt-reduced potato crisps formulated using salt reduction design rules. *Food Research International*, 155, 111022. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111022>
- Lavoie, F., Cartilier, L., & Thibert, R. (2002). New methods characterizing avalanche behavior to determine powder flow. *Pharmaceutical Research*, 19(6), 887–893. <https://doi.org/10.1023/A:1016125420577>
- Man, C. M. D. (2007). 8 - Technological functions of salt in food products. In D. Kilcast & F. B. T.-R. S. in F. Angus (Eds.), *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (pp. 157–173). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9781845693046.2.157>
- Motoula Latou, L. N. P., Seck, S. M., & Coundoul, B. (2023). WCN23-0510 Salt consumption and high blood pressure in the populations of northern Senegal. *Kidney International Reports*, 8(3, Supplement), S145–S146. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ekir.2023.02.327>
- Organizacion Mundial de la Salud. (2023). *Reducción de la ingesta de sodio*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction#:~:text=Recomendaciones para la reducci3n de,poco menos de una cucharadita>
- Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., & Contreras-Castillo, C. J. (2022). 7 - *Using rate-all-that-apply (RATA) methodology to include the consumer insights in the development of healthier beef burgers* (J. M. Lorenzo, M. Pateiro, E. Saldaña, & P. E. S. B. T.-S. A. for the D. of M. P. Munekata (eds.); pp. 137–150). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822832-6.00009-6>
- Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., Cruzado-Bravo, M. L. M., Patinho, I., Selani, M. M., Valentin, D., & Contreras-Castillo, C. J. (2019). Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding micronized salt. *Food Research International*, 121, 288–295. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.044>
- Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., Patinho, I., Selani, M. M., & Contreras-Castillo, C. J. (2021).

- Enrichment of NaCl-reduced burger with long-chain polyunsaturated fatty acids: Effects on physicochemical, technological, nutritional, and sensory characteristics. *Meat Science*, *177*, 108497. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108497>
- Rosa, J. L., Rios-Mera, J. D., Castillo, C. J. C., Lorenzo, J. M., Pinton, M. B., dos Santos, B. A., Correa, L. P., Henn, A. S., Cichoski, A. J., Flores, E. M. M., & Campagnol, P. C. B. (2023). High-power ultrasound, micronized salt, and low KCl level: An effective strategy to reduce the NaCl content of Bologna-type sausages by 50%. *Meat Science*, *195*, 109012. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109012>
- Saldaña, E., de Oliveira Garcia, A., Selani, M. M., Hagiwara, M. M. H., de Almeida, M. A., Siche, R., & Contreras-Castillo, C. J. (2018). A sensometric approach to the development of mortadella with healthier fats. *Meat Science*, *137*, 176–190. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.027>
- Wang, J., Huang, X.-H., Zhang, Y.-Y., Li, S., Dong, X., & Qin, L. (2023). Effect of sodium salt on meat products and reduction sodium strategies — A review. *Meat Science*, *205*, 109296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109296>
- Sánchez-Zapata, E., Muñoz, C. M., Fuentes, E., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., & Pérez-Alvarez, J. A. (2010). Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. *Meat Science*, *85*(1), 70–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.12.006>
- Selani, M. M., Shirado, G. A. N., Margiotta, G. B., Saldaña, E., Spada, F. P., Piedade, S. M. S., Contreras-Castillo, C. J., & Canniatti-Brazaca, S. G. (2016). Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science*, *112*, 69–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.020>
- Terrell, R. N. (1983). Reducing the sodium content of processed meats. *Food Technology*, *37*, 66–71.
- Wang, J., Huang, X.-H., Zhang, Y.-Y., Li, S., Dong, X., & Qin, L. (2023). Effect of sodium salt on meat products and reduction sodium strategies — A review. *Meat Science*, *205*, 109296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109296>
- Yang, S., Zheng, B., Huang, L., Zhang, Y., & Zeng, H. (2024). Saltiness perception mechanism and salt reduction strategies in food. *Trends in Food Science & Technology*, *148*, 104521. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104521>

## **VII. DEDICATORIA**

A Dios por darnos la oportunidad de estar aquí y darme un objetivo en la vida, por guiarme en los pasos que doy día a día.

A toda nuestra familia por estar siempre a nuestro lado, por su apoyo incondicional y moral que nos han incentivado para seguir adelante.

A los estimados docentes de la prestigiosa Universidad Nacional de Jaén, a quienes les debemos nuestros conocimientos; a nuestros compañeros de aula con los que compartimos un sin número de experiencias para ver concluido el sueño con el que un día iniciamos.

## **VIII. AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que hicieron posible la realización de esta tesis.

En primer lugar, a nuestros padres, por su amor incondicional y apoyo constante en cada etapa de nuestra vida. Gracias por ser nuestra inspiración y por enseñarnos el valor del esfuerzo y la dedicación.

A nuestros docentes, en especial al Dr. Juan Dario Rios Mera, por su invaluable orientación, paciencia y sabiduría. Sus consejos y conocimientos han sido fundamentales para la elaboración de este trabajo.

A todos los profesionales y colaboradores que contribuyeron de manera directa o indirecta a la realización de esta investigación, por su tiempo, conocimientos y recursos.

Finalmente, agradecemos a la Universidad Nacional de Jaén por permitirnos formarnos profesionalmente, por los buenos docentes que nos han compartido sus conocimientos incondicionalmente y de quienes hemos aprendido a fortalecer nuestros valores.

Gracias a todos por habernos aumentado el deseo de superación y triunfo en nuestras vidas. ¡Muchas Gracias!

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Cuestionario de análisis sensorial de hamburguesa

Bienvenido al análisis sensorial de hamburguesa. Será entregado a usted muestras de hamburguesa para evaluar la aceptación y sus características sensoriales. Por favor, lea atentamente las instrucciones antes de realizar la evaluación.

Por cada muestra será entregada una ficha de evaluación. Al finalizar una muestra, por favor consuma agua y galleta de agua para limpiar el paladar. Al finalizar la evaluación, será entregado una ficha para llenado de algunos datos de interés y un chocolate por su participación.

Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

Código de muestra:

1. Por favor indique con una línea vertical cuanto le gustó utilizando la escala de aceptación que varía de “me disgustó extremadamente” hasta “me gustó extremadamente”



2. Marque con una “x” en el espacio a lado de la(s) característica(s) sensorial(es) que según Usted crea que se aplica para la muestra. Usted podrá marcar la cantidad de características sensoriales que crea que se aplica a la muestra, o no marcar ninguna.

- |   |                                   |   |
|---|-----------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Salado           | <input type="checkbox"/> Sabroso  | <input type="checkbox"/> Grasoso        |
| <input type="checkbox"/> Condimentado     | <input type="checkbox"/> Jugoso   | <input type="checkbox"/> Carne de res   |
| <input type="checkbox"/> Picante          | <input type="checkbox"/> Compacto | <input type="checkbox"/> Característico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Asado | <input type="checkbox"/> Suave    | <input type="checkbox"/> Duro           |
| Sabor residual                            | <input type="checkbox"/> Seco     | <input type="checkbox"/> Aromático      |

Por favor, responda a las siguientes preguntas:

Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

Sexo: M\_\_\_/ F\_\_\_/ Prefiero no declarar \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Frecuencia de consumo de hamburguesa:

- |                                       |   |                                       |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Cada 15 días | <input type="checkbox"/> 1-3 veces por semana | <input type="checkbox"/> 1 vez al mes |
| <input type="checkbox"/> Raramente    | <input type="checkbox"/> 4-6 veces por semana | <input type="checkbox"/> Diariamente  |

## Anexo 2. Ficha de consentimiento libre e informado

### CONSENTIMIENTO LIBRE E INFORMADO

**Título de la investigación:** Sal de diferentes tamaños de partícula para la reducción de sodio en hamburguesa.

**Justificación:** Esta investigación será fundamental para descubrir si la reducción de sal responde a similitudes o diferencias con respecto a la percepción del sabor salado. A través de ello también se podrá comprender por qué el tamaño reducido del NaCl penetra mejor en las papilas gustativas.

**Objetivo:** Determinar el efecto de tamaños distintos de NaCl en la percepción de salado y otros atributos sensoriales de hamburguesa, así como en la textura instrumental, evaluar el rendimiento de sal micronizada con respecto a la reducción del diámetro, la pérdida por cocción y optimizar el menor consumo de sal en un 1,5% - 0,5%

**Material y métodos:** Se utilizará diferentes tamaños de sal en la preparación de las hamburguesas. La técnica Marque Todo lo que se Aplica (*Check-All-That-Apply*, CATA) se basa en la caracterización sensorial de las muestras, utilizando una lista preestablecida de atributos sensoriales.

**Población participante del estudio:** La población será la Universidad Nacional de Jaén conformada por estudiantes, docentes y administrativos.

**Riesgo:** La investigación no presenta ningún tipo de riesgo microbiológico para los consumidores.

**Beneficios:** El participante no se beneficiará directamente del estudio, sino que los datos generados serán relevantes para caracterizar el producto y comprender el comportamiento del consumidor.

**Privacidad:** Los resultados obtenidos se publicarán en congresos y artículos, pero las identidades de todos los participantes se mantendrán confidenciales y no se compartirá información personal confidencial. Los investigadores se aseguran de responder y aclarar preguntas sobre los procedimientos, riesgos, beneficios y otros temas relacionados con la investigación y proporcionan a cada participante una copia del "consentimiento libre e informado". También es responsable de resolver los problemas que surjan durante las pruebas sensoriales. La participación es voluntaria y puede retirar su consentimiento y dejar de participar en el estudio en cualquier

momento sin mayor impacto. El catador no soportará ninguna responsabilidad por participar en la investigación.

## **CONSENTIMIENTO DE PARTICIPACIÓN DE LA PERSONA COMO SUJETO**

Yo \_\_\_\_\_,  
acepto

participar en el estudio: “Sal de diferentes tamaños de partícula para la reducción de sodio en hamburguesa”. Fui debidamente informado por el investigador sobre los procedimientos involucrados en el mismo, así como los posibles riesgos y beneficios derivados de mi participación. Se me ha asegurado la confidencialidad de la información y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento.

Fecha: / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Firma del sujeto: \_\_\_\_\_

Firma del investigador responsable: \_\_\_\_\_

Si necesita información adicional sobre la investigación, póngase en contacto con los investigadores responsables: Agataliz Coronado Cieza ([agataliz.coronado@est.unj.edu.pe](mailto:agataliz.coronado@est.unj.edu.pe) – 930 982 705), Kori Sarai Tocto Garcia ( [kori.tocto@est.unj.edu.pe](mailto:kori.tocto@est.unj.edu.pe) – 927 407 739), Juan Dario Rios Mera ([juan.rios@unj.edu.pe](mailto:juan.rios@unj.edu.pe) - 953 227 588). Dirección: Carretera Jaén - San Ignacio KM 24 - Sect. Yanuyacu – Jaén.

### Anexo 3. Imágenes de la ejecución de la tesis

**Figura 8**

*Sal tamizada con la malla de 50 mesh (297  $\mu$ m)*



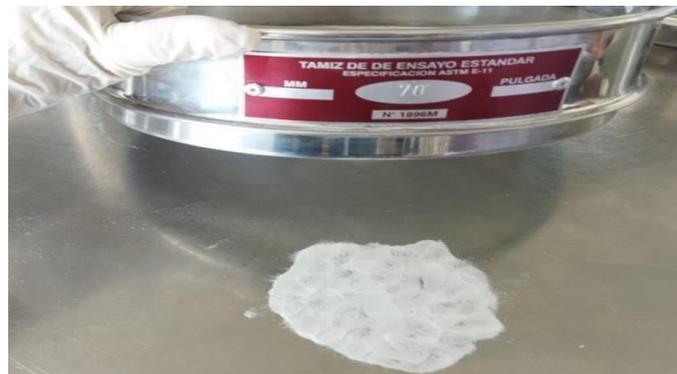
**Figura 9**

*Sal tamizada con la malla de 60 mesh (250  $\mu$ m)*



**Figura 10**

*Sal tamizada con la malla de 70 mesh (210  $\mu$ m)*



### Figura 11

*Sal tamizada con la malla de 80 mesh (117  $\mu$ m)*



### Figura 12

*Molienda de carne y grasa*



### Figura 13

*Carne de res y grasa de cerdo molido*



**Figura 14**

*Mezcla de insumos*



**Figura 15**

*Pesado de la hamburguesa*



**Figura 16**

*Moldeado de la hamburguesa*



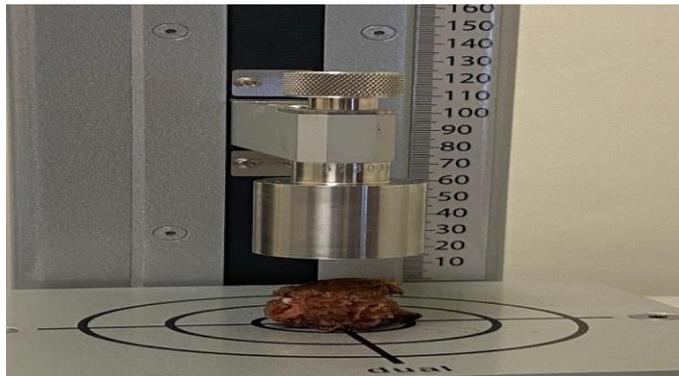
**Figura 17**

*Cocinado de la hamburguesa*



**Figura 18**

*Análisis de textura de la hamburguesa*



**Figura 19**

*Análisis sensorial de la hamburguesa*



#### Anexo 4. Análisis estadísticos primera etapa

**Tabla 10**

*Análisis de varianza para “dureza”*

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F	p-values signification codes
Model	7.000	392.300	56.043	4.437	0.017	*
Error	10.000	126.298	12.630			
Corrected Total	17.000	518.598				

Computed against model Y=Mean(Y)

Signification codes: 0 < \*\*\* < 0.001 < \*\* < 0.01 < \* < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1

**Tabla 11**

*Tukey al 5% de significancia para “dureza”*

Category	LS means	Standard error	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Groups
T2	60.018	2.052	55.446	64.590	A
T4	58.256	2.052	53.684	62.828	A B
T5	57.388	2.052	52.817	61.960	A B
T1	51.859	2.052	47.287	56.431	A B
T3	49.222	2.052	44.650	53.794	B
T6	48.181	2.052	43.610	52.753	B

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para “elasticidad”*

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F	p-values signification codes
Model	7.000	0.029	0.004	0.762	0.631	°
Error	10.000	0.054	0.005			
Corrected Total	17.000	0.082				

Computed against model Y=Mean(Y)

Signification codes: 0 < \*\*\* < 0.001 < \*\* < 0.01 < \* < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1

**Tabla 13***Análisis de varianza para “cohesión”*

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F	p-values signification codes
Model	7.000	0.013	0.002	1.744	0.205	°
Error	10.000	0.011	0.001			
Corrected Total	17.000	0.024				

Computed against model  $Y = \text{Mean}(Y)$ Signification codes:  $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1$ **Tabla 14***Análisis de varianza para “masticabilidad”*

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F	p-values signification codes
Model	7.000	190.637	27.234	1.970	0.160	°
Error	10.000	138.227	13.823			
Corrected Total	17.000	328.864				

Computed against model  $Y = \text{Mean}(Y)$ Signification codes:  $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1$ **Tabla 15***Análisis de varianza para “pérdidas por cocción”*

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F	p-values signification codes
Model	7.000	75.620	10.803	2.629	0.081	.
Error	10.000	41.084	4.108			
Corrected Total	17.000	116.704				

Computed against model  $Y = \text{Mean}(Y)$ Signification codes:  $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1$ **Tabla 16***Análisis de varianza para “reducción de diámetro”*

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F	p-values signification codes
Model	7.000	0.227	0.032	14.973	0.000	***
Error	10.000	0.022	0.002			

Corrected  
Total 17.000 0.249

Computed against model Y=Mean(Y)

Signification codes: 0 < \*\*\* < 0.001 < \*\* < 0.01 < \* < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1

**Tabla 17**

*Tukey al 5% de significancia para “reducción de diámetro”*

Category	LS means	Standard error	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Groups
T5	9.558	0.027	9.498	9.618	A
T3	9.508	0.027	9.448	9.568	A B
T2	9.492	0.027	9.432	9.552	A B
T4	9.392	0.027	9.332	9.452	B C
T1	9.292	0.027	9.232	9.352	C D
T6	9.258	0.027	9.198	9.318	D

**Tabla 18**

*Tabla de contingencia de las características sensoriales*

Products\Dimensions	Salado	Sazonado	Picante	Asado	Extraño	Sabroso	Jugoso	Compacto	Suave	Seco	Grasoso	Carne	Característico	Duro	Aromático
T3	21	46	3	34	5	47	41	13	48	7	25	42	28	6	33
T4	25	52	3	33	5	43	41	15	47	13	26	41	30	7	33
T5	22	46	5	31	5	51	38	18	44	13	21	46	29	8	28
T6	20	52	6	27	5	45	36	13	47	15	20	39	30	4	27
T1	18	51	6	29	3	43	33	14	52	12	22	39	28	5	32
T2	19	53	3	29	5	40	35	13	44	10	21	46	32	7	33

**Tabla 19**

*Impacto de las características sensoriales sobre la aceptación*

Variable	Level	Frequencies	%	Sum (Aceptación)	Mean (Aceptación)	Mean impact	Standardized difference	p-value	Significant
Salado	Absent	337	72.94%	2513.000	7.457				
	Present	125	27.06%	866.000	6.928	-0.529	-3.648	0.000	Yes
Sazonado	Absent	162	35.06%	1128.000	6.963				
	Present	300	64.94%	2251.000	7.503	0.540	4.014	<0.0001	Yes
Picante	Absent	436	94.37%	3204.000	7.349				
	Present	26	5.63%	175.000	6.731	-0.618			
Asado	Absent	279	60.39%	2017.000	7.229				
	Present	183	39.61%	1362.000	7.443	0.213	1.600	0.110	No

Extraño	Absent	434	93.94%	3228.000	7.438				
	Present	28	6.06%	151.000	5.393			-2.045	
Sabroso	Absent	193	41.77%	1294.000	6.705				
	Present	269	58.23%	2085.000	7.751	1.046	8.493	<0.0001	Yes
Jugoso	Absent	238	51.52%	1644.000	6.908				
	Present	224	48.48%	1735.000	7.746	0.838	6.716	<0.0001	Yes
Compacto	Absent	376	81.39%	2748.000	7.309				
	Present	86	18.61%	631.000	7.337			0.029	
Suave	Absent	180	38.96%	1277.000	7.094				
	Present	282	61.04%	2102.000	7.454	0.359	2.704	0.007	Yes
Seco	Absent	392	84.85%	2938.000	7.495				
	Present	70	15.15%	441.000	6.300			-1.195	
Grasoso	Absent	327	70.78%	2443.000	7.471				
	Present	135	29.22%	936.000	6.933	-0.538	-3.800	0.000	Yes
Carne	Absent	209	45.24%	1521.000	7.278				
	Present	253	54.76%	1858.000	7.344	0.066	0.506	0.613	No
Característico	Absent	285	61.69%	2062.000	7.235				
	Present	177	38.31%	1317.000	7.441	0.206	1.533	0.126	No
Duro	Absent	425	91.99%	3134.000	7.374				
	Present	37	8.01%	245.000	6.622			-0.752	
Aromático	Absent	276	59.74%	1945.000	7.047				
	Present	186	40.26%	1434.000	7.710	0.663	5.112	<0.0001	Yes

## Anexo 5. Análisis estadísticos segunda etapa

**Tabla 20**

*Análisis de varianza para “dureza”*

	Df	Sum Sq	Mean.Sq	F value	Pr(F)
Treatment	4	749.72242	187.43060	14.495792	0.0009756357
Block	2	74.80499	37.40249	2.892691	0.1134187284
Residuals	8	103.44001	12.93000		

**Tabla 21**

*Tukey al 5% de significancia para “dureza”*

S1	64.16036	a
S2	56.96843	ab
S3	52.18235	bc
S4	50.33271	bc
S5	42.88612	c

**Tabla 22**

*Análisis de varianza para “elasticidad”*

	Df	Sum Sq	Mean.Sq	F value	Pr(F)
Treatment	4	0.00664	0.00166	0.6287879	0.6555987
Block	2	0.00208	0.00104	0.3939394	0.6867896
Residuals	8	0.02112	0.00264		

**Tabla 23**

*Análisis de varianza para “cohesión”*

	Df	Sum Sq	Mean.Sq	F value	Pr(F)
Treatment	4	0.0024666667	0.0006166667	0.2998379	0.8701644
Block	2	0.0008133333	0.0004066667	0.1977310	0.8244827
Residuals	8	0.0164533333	0.0020566667		

**Tabla 24**

*Análisis de varianza para “masticabilidad”*

	Df	Sum Sq	Mean.Sq	F value	Pr(F)
Treatment	4	161.397449	40.349362	3.9262089	0.04734921
Block	2	9.214876	4.607438	0.4483284	0.65381157
Residuals	8	82.215416	10.276927		

**Tabla 25**

*Tukey al 5% de significancia para “masticabilidad”*

S1	26.20545	a
S2	24.01651	ab
S3	21.05259	ab
S4	18.99085	ab
S5	17.16063	b

**Tabla 26**

*Análisis de varianza para “pérdidas por cocción”*

	Df	Sum Sq	Mean.Sq	F value	Pr(F)
Treatment	4	91.058548	22.764637	2.3257614	0.1439677
Block	2	3.119924	1.559962	0.1593744	0.8553186
Residuals	8	78.304289	9.788036		

**Tabla 27**

*Análisis de varianza para “reducción de diámetro”*

	Df	Sum Sq	Mean.Sq	F value	Pr(F)
Treatment	4	45.714242	11.428561	1.8456301	0.2135948
Block	2	5.979749	2.989875	0.4828432	0.6339073
Residuals	8	49.537816	6.192227		

**Tabla 28**

*Tabla de contingencia de las características sensoriales*

Products\Dimensions	Salado	Sazonado	Picante	Asado	Extraño	Sabroso	Jugoso	Compacto	Suave	Seco	Grasoso	Carne	Característico	Duro	Aromático
S5	14	41	2	29	3	41	26	12	48	11	16	34	29	10	17
S3	19	31	6	23	9	42	29	10	42	13	14	38	24	9	20
S4	13	34	3	35	2	37	29	18	50	8	17	39	22	6	22
S2	16	37	2	25	6	45	32	13	44	12	18	40	20	9	23
S1	31	36	1	26	6	43	24	8	40	13	17	35	17	11	20

**Tabla 29**

*Impacto de las características sensoriales sobre la aceptación*

Variable	Level	Frequencies	%	Sum (Aceptación)	Mean (Aceptación)	Mean impact	Standardized difference	p-value	Significant
Salado	Absent	302	76.46%	2209.000	7.315				
	Present	93	23.54%	681.000	7.323	0.008	0.044	0.965	No
Sazonado	Absent	216	54.68%	1580.000	7.315				
	Present	179	45.32%	1310.000	7.318	0.004	0.023	0.981	No
Picante	Absent	381	96.46%	2786.000	7.312				
	Present	14	3.54%	104.000	7.429	0.116			
Asado	Absent	257	65.06%	1878.000	7.307				
	Present	138	34.94%	1012.000	7.333	0.026	0.161	0.872	No
Extraño	Absent	369	93.42%	2737.000	7.417				
	Present	26	6.58%	153.000	5.885	-1.533			
Sabroso	Absent	187	47.34%	1268.000	6.781				
	Present	208	52.66%	1622.000	7.798	1.017	7.025	<0.0001	Yes
Jugoso	Absent	255	64.56%	1839.000	7.212				
	Present	140	35.44%	1051.000	7.507	0.295	1.850	0.065	No
Compacto	Absent	334	84.56%	2471.000	7.398				
	Present	61	15.44%	419.000	6.869	-0.529			
Suave	Absent	171	43.29%	1190.000	6.959				
	Present	224	56.71%	1700.000	7.589	0.630	4.159	<0.0001	Yes
Seco	Absent	338	85.57%	2500.000	7.396				
	Present	57	14.43%	390.000	6.842	-0.554			
Grasoso	Absent	313	79.24%	2313.000	7.390				
	Present	82	20.76%	577.000	7.037	-0.353	-1.876	0.061	No
Carne	Absent	209	52.91%	1544.000	7.388				
	Present	186	47.09%	1346.000	7.237	-0.151	-0.984	0.326	No
Característico	Absent	283	71.65%	2076.000	7.336				
	Present	112	28.35%	814.000	7.268	-0.068	-0.399	0.690	No
Duro	Absent	350	88.61%	2596.000	7.417				
	Present	45	11.39%	294.000	6.533	-0.884			
Aromático	Absent	293	74.18%	2098.000	7.160				
	Present	102	25.82%	792.000	7.765	0.604	3.501	0.001	Yes