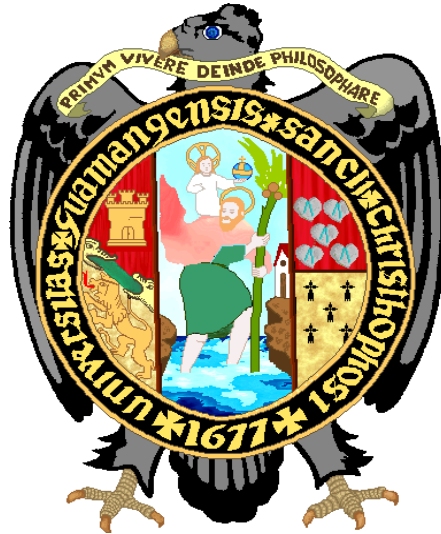


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS:

**Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación
en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*)
tipo jerky**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO (A) EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

Bach. Carlos CANCHO ROMANI

Bach. Flor Diana VENTURA CHAICO

ASESOR:

Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por su inagotable amor, sabiduría y apoyo a lo largo de mi vida. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y por ser mi fuente de inspiración constante. Y a mi familia, por su comprensión y motivación en cada etapa de este proceso.

Carlos CANCHO ROMANI

A Dios por ser mi guía espiritual, dedico a toda mi familia con todo mi corazón quienes han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza y ayuda para lograrlo.

Flor Diana VENTURA CHAICO

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por brindarnos la oportunidad de realizar nuestros estudios superiores y por ser un pilar fundamental en nuestra formación académica. A la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, así como a los docentes, cuya dedicación, paciencia y conocimientos han sido una fuente de inspiración y guía durante nuestra carrera universitaria. Al laboratorio CENA S.A.C., por el servicio de análisis, fundamental para el desarrollo de esta tesis.

A nuestro asesor de tesis, Dr. Juan Carlos PONCE RAMÍREZ, cuyo acompañamiento, consejos y experiencia han sido cruciales para la culminación de esta investigación.

A nuestros familiares y amigos, nuestro más sincero agradecimiento por ser parte de este logro y por contribuir de manera significativa a nuestro desarrollo personal y profesional.

RESUMEN

En esta investigación, el objetivo fue determinar el efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca tipo jerky. La metodología incluyó la preparación de carne de alpaca mediante una combinación de condiciones de marinado (0.01, 0.02 y 0.03 % de papaína, 1, 2 y 3 % de NaCl y tiempos de marinado de 20, 40 y 60 minutos), seguida de deshidratación por gradiente (multietapas) a diferentes condiciones (40, 50 y 60 °C/0.5 a 2.5 horas). Los resultados mostraron que la composición proximal de la carne de alpaca fresca fue de 74.82 % de humedad, 21.36 % de proteínas, 2.08 % de grasa, 1.13 % de ceniza y 0.61 % de carbohidratos; y las características fisicoquímicas fueron de un pH de 5.30, una fuerza de corte de 46.05 N y una relación humedad/proteína de 3.50. Los valores óptimos de las condiciones del marinado de la carne de alpaca fueron de 0.0261 % de papaína, 1.9912 % de NaCl y un tiempo de marinado de 48.8 min, lo que minimizó la fuerza de corte a 16.68 N y maximizó la absorción del marinado en un 30.0961 % para la elaboración del jerky de alpaca. Las condiciones de deshidratación por aire caliente en gradiente de 40 °C/1 h – 50 °C/2 h – 60 °C/1 h produjeron los mejores resultados del jerky de alpaca en términos de fuerza de corte (57 ± 0.13 N), color instrumental ($L^* = 60.25 \pm 3$, $a^* = 4.15 \pm 0.65$, $b^* = 15.15 \pm 1.88$), hierro hemo (60.10 ± 0.51 µg/g), pH (6.18 ± 0.01) y actividad de agua (a_w) de 0.6. La evaluación sensorial indicó una aceptabilidad general con puntajes de 5.85 ± 1.42 , siendo moderadamente agradable. La composición proximal del jerky resultante fue de 17.88 % de humedad, 48.67 % de proteínas, 2.17 % de grasa, 6.43 % de ceniza y 24.85 % de carbohidratos, con una relación humedad/proteína de 0.37. La calidad microbiológica mostró niveles de *Staphylococcus aureus* < 10 NMP/g, *Clostridium perfringens* < 10 UFC/g y ausencia de *Salmonella spp.* en 25 g, dentro de los límites aceptables para el consumo. En conclusión, la optimización de las condiciones del marinado enzimático y de deshidratación por aire caliente en multietapas mejoró significativamente la calidad fisicoquímica y sensorial del jerky de alpaca.

Palabras claves: Marinado enzimático, papaína, carne de alpaca, deshidratación por aire caliente en gradiente, calidad del jerky de alpaca

ABSTRACT

In this research, the objective was to determine the effect of marinating, dehydration time and temperature on the quality of dehydrated alpaca jerky meat. The methodology included the preparation of alpaca meat using a combination of marinating conditions (0.01, 0.02 and 0.03% papain, 1, 2 and 3% NaCl and marinating times of 20, 40 and 60 minutes), followed by dehydration by gradient (multistage) at different conditions (40, 50 and 60 °C/0.5 to 2.5 hours). The results showed that the proximal composition of fresh alpaca meat was 74.82% moisture, 21.36% protein, 2.08% fat, 1.13% ash and 0.61% carbohydrates; and the physicochemical characteristics were a pH of 5.30, a sheer force of 46.05 N and a moisture/protein ratio of 3.50. The optimal values of the marinating conditions for alpaca meat were 0.0261% papain, 1.9912% NaCl and a marinating time of 48.8 min, which minimized the shear force at 16.68 N and maximized the absorption of the marinade in 30.0961% for the production of alpaca jerky. Hot air dehydration conditions in a gradient of 40 °C/1 h – 50 °C/2 h – 60 °C/1 h produced the best results for alpaca jerky in terms of sheer force (57 ± 0.13 N), instrumental color ($L^* = 60.25 \pm 3$, $a^* = 4.15 \pm 0.65$, $b^* = 15.15 \pm 1.88$), heme iron (60.10 ± 0.51 µg/g), pH (6.18 ± 0.01) and water activity (a_w) of 0.6. The sensory evaluation indicated general acceptability with scores of 5.85 ± 1.42 , being moderately pleasant. The proximal composition of the resulting jerky was 17.88% moisture, 48.67% protein, 2.17% fat, 6.43% ash and 24.85% carbohydrates, with a moisture/protein ratio of 0.37. The microbiological quality showed levels of *Staphylococcus aureus* < 10 NMP/g, *Clostridium perfringens* < 10 CFU/g and absence of *Salmonella* spp. in 25 g, within acceptable limits for consumption. In conclusion, the optimization of the enzymatic marination and multistage hot air dehydration conditions significantly improved the physicochemical and sensory quality of alpaca jerky.

Keywords: Enzymatic marinade, papain, alpaca meat, gradient hot air dehydration, quality of alpaca jerky

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	13

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	17
1.3.1. Objetivo general	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES	18
2.2. CARNE DE ALPACA	23
2.2.1. Composición química.....	24
2.2.2. Valor nutricional.....	25
2.2.3. Características fisicoquímicas	26
2.3. MARINADO DE CARNE	27
2.3.1. Técnicas del marinado.....	27
2.3.1.1. Marinado en seco	27
2.3.1.2. Marinado en pasta.....	27
2.3.1.3. Marinado por inmersión	28
2.3.1.4. Marinado por inyección.....	28
2.3.1.5. Marinado por volteo y masaje al vacío.....	28
2.3.2. Insumos del marinado	29

2.3.3. Tipos de marinado	30
2.3.3.1. Marinado ácido	30
2.3.3.2. Marinado en productos lácteos	30
2.3.3.3. Marinado en semillas y aceites	30
2.3.3.4. Marinado en hierbas y especias	30
2.3.3.5. Marinado enzimático	30
2.3.4. Efectos del marinado en la ternura de la carne.....	31
2.3.5. Absorción del marinado	31
2.3.6. Mecanismo del marinado	32
2.4. DESHIDRATACIÓN DE CARNE	33
2.4.1. Deshidratación con aire caliente.....	33
2.4.2. Parámetros de deshidratación con aire caliente.....	34
2.4.3. Efectos de la deshidratación en la calidad.....	34
2.5. PROCESO DE ELABORACIÓN DE JERKY.....	36
2.6. PRODUCTOS CARNICOS SIMILARES A JERKY	38

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	40
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	40
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.4. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS.....	41
3.4.1. Materia prima e insumos	41
3.4.2. Materiales	41
3.4.3. Reactivos	42
3.4.4. Equipos	42
3.5. DISEÑO METODOLÓGICO	43
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	43
3.6.1. Tratamientos del marinado de la carne de alpaca.....	43
3.6.2. Tratamiento de deshidratación de la carne marinada de alpaca	46
3.7. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	47
3.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS	52
3.8.1. Composición proximal	52
3.8.2. Características fisicoquímicas	52

3.8.3. Fuerza de corte	52
3.8.4. Absorción de marinado	52
3.8.5. Contenido de hierro hemo	53
3.8.6. Color instrumental.....	53
3.8.7. Evaluación sensorial.....	54
3.8.8. Análisis microbiológico	54
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.....	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición proximal y caracterización fisicoquímica de la carne de alpaca	56
4.2. Optimización de fuerza de corte y absorción del marinado de carne de alpaca	58
4.2.1. Fuerza de corte de la carne de alpaca marinado	58
4.2.2. Absorción del marinado de carne de alpaca	69
4.2.3. Valores óptimos del marinado de la carne de alpaca	80
4.3. Fuerza de corte, color instrumental, el hierro hemo y pH del jerky de alpaca	81
4.3.1. Fuerza de corte del jerky de alpaca	81
4.3.2. Color instrumental del jerky de alpaca.....	83
4.3.3. Hierro hemo de jerky de alpaca.....	86
4.3.4. pH del jerky de alpaca	89
4.4. Evaluaciones sensoriales de la carne deshidratada de alpaca tipo jerky	91
4.4.1. Color	91
4.4.2. Sabor.....	93
4.4.3. Olor.....	94
4.4.4. Textura.....	96
4.4.5. Aceptación general	98
4.5. Composición proximal, características fisicoquímicas y microbiológica	100
4.5.1. Composición proximal	100
4.5.2. Características fisicoquímicas	101
4.5.3. Análisis microbiológico	102
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES.....	105
REFERENCIAS.....	106
ANEXOS	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cortes, cantidades y rendimiento de la carne de alpaca.....	23
Tabla 2 Composición química de carne de alpaca	25
Tabla 3 Niveles codificados de las variables independientes en el Diseño Box - Behnken para el tratamiento de marinado de carne de alpaca	45
Tabla 4 Valores codificados y reales de las variables de cloruro de sodio, papaína y tiempo de marinado en el tratamiento del marinado utilizando el Diseño Box - Behnken	45
Tabla 5 Criterios de evaluación sensorial del jerky de alpaca	54
Tabla 6 Composición proximal de la carne de alpaca fresca	56
Tabla 7 Características fisicoquímicas de la carne alpaca fresca	57
Tabla 8 Resultados de la fuerza de corte de carne de alpaca marinado con diferentes combinaciones de tratamientos, aplicando el diseño Box - Behnken.....	58
Tabla 9 Análisis de varianza para la fuerza de corte de la carne de alpaca marinado	59
Tabla 10 Resultados de la absorción del marinado en la carne de alpaca con diferentes combinaciones de tratamientos, aplicando el diseño Box-Behnken.....	69
Tabla 11 Análisis de varianza para la absorción del marinado en la carne de alpaca	70
Tabla 12 Factores óptimos de tratamiento del marinado de la carne de alpaca, mediante diseño Box - Behnken.....	80
Tabla 13 Análisis de varianza de la fuerza de corte del jerky de alpaca	81
Tabla 14 Comparación de Tukey para la fuerza de corte del jerky de alpaca	81
Tabla 15 Análisis de varianza para el parámetro (L^*) del jerky de alpaca	83
Tabla 16 Análisis de varianza para el parámetro (a^*) del jerky de alpaca	83
Tabla 17 Análisis de varianza para el parámetro (b^*) del jerky de alpaca	84
Tabla 18 Comparación de Tukey para los parámetros de color (L^* a^* b^*) del jerky de alpaca.....	84
Tabla 19 Análisis de varianza para el contenido hierro hemo en el jerky de alpaca....	86

Tabla 20 <i>Comparación de Tukey para el contenido de hierro hemo en el jerky de alpaca</i>	87
Tabla 21 <i>Análisis de varianza para el pH del jerky de alpaca</i>	89
Tabla 22 <i>Comparación de Tukey para el pH del jerky de alpaca</i>	89
Tabla 23 <i>Análisis de varianza para el color del jerky de alpaca</i>	91
Tabla 24 <i>Comparación de Tukey para el color del jerky de alpaca</i>	91
Tabla 25 <i>Análisis de varianza para el sabor del jerky de alpaca</i>	93
Tabla 26 <i>Comparación de Tukey para el sabor del jerky de alpaca</i>	93
Tabla 27 <i>Análisis de varianza para el olor del jerky de alpaca</i>	94
Tabla 28 <i>Comparación de Tukey para el olor del jerky de alpaca</i>	95
Tabla 29 <i>Análisis de varianza para la textura del jerky de alpaca</i>	96
Tabla 30 <i>Comparación de Tukey para la textura del jerky de alpaca</i>	97
Tabla 31 <i>Análisis de varianza para la aceptación general del jerky de alpaca</i>	98
Tabla 32 <i>Comparación de Tukey para la aceptación general del jerky de alpaca</i>	98
Tabla 33 <i>Composición proximal del jerky de alpaca</i>	100
Tabla 34 <i>Características fisicoquímicas del jerky de alpaca</i>	101
Tabla 35 <i>Análisis microbiológico del jerky de alpaca</i>	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cortes de carne de alpaca.....	24
Figura 2 Mecanismo del marinado de la carne	32
Figura 3 Diagrama de flujo para la elaboración del jerky	38
Figura 4 Distribución global de productos cárnicos deshidratados	39
Figura 5 Diagrama del diseño de investigación de carne deshidratada de alpaca tipo jerky.....	44
Figura 6 Configuración de condiciones de deshidratación por aire caliente en gradiente de carne de alpaca	46
Figura 7 Carne de alpaca fresca	47
Figura 8 Deshuesado y desgrasado de la carne de alpaca	47
Figura 9 Fileteado de la carne de alpaca	48
Figura 10 Marinado de los filetes de carne de alpaca.....	48
Figura 11 Precocción de carne de alpaca marinada.....	49
Figura 12 Unidad de deshidratación de la carne de alpaca	49
Figura 13 Enfriado del jerky de alpaca	50
Figura 14 Diagrama de flujo de proceso de elaboración del jerky de alpaca	51
Figura 15 Gráfica de superficie de respuesta (fuerza de corte de carne de alpaca marinada) de la interacción entre el tiempo de marinado y la papaína	60
Figura 16 Gráfica de contorno del tiempo de marinado y la papaína sobre la fuerza de corte de carne de alpaca marinada	61
Figura 17 Gráfica de Superficie de Respuesta (Fuerza de Corte de Carne de Alpaca Marinada) de la Interacción entre el NaCl y la Papaína.....	62
Figura 18 Gráfica de contorno del NaCl y la papaína sobre la fuerza de corte de carne de alpaca marinada	63
Figura 19 Gráfica de Superficie de Respuesta (Fuerza de Corte de Carne de Alpaca Marinada) de la Interacción entre el Tiempo de Marinado y NaCl.....	64

Figura 20 Gráfica de contorno del tiempo de marinado y NaCl sobre la fuerza de corte de carne de alpaca marinada	65
Figura 21 Diagrama de Pareto Estandarizada para Fuerza de corte (N) de la carne de alpaca marinada	66
Figura 22 Gráfica de efectos principales (papaína, NaCl y tiempo de marinado) sobre la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada	67
Figura 23 Gráfica de interacción (papaína -NaCl, papaína -tiempo de marinado y NaCl - tiempo de marinado) sobre la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada	68
Figura 24 Gráfica de superficie de respuesta (fuerza de corte de carne de alpaca marinada) de la interacción entre el NaCl y la papaína	71
Figura 25 Gráfica de contorno del NaCl y la papaína sobre absorción del marinado en la carne de alpaca.....	72
Figura 26 Gráfica de superficie de respuesta (fuerza de corte de carne de alpaca marinada) de la interacción entre el tiempo de marinado y NaCl.....	73
Figura 27 Gráfica de contorno del tiempo de marinado y NaCl sobre absorción del marinado en la carne de alpaca	74
Figura 28 Gráfica de superficie de respuesta (fuerza de corte de carne de alpaca marinada) de la interacción entre el tiempo de marinado y la papaína	75
Figura 29 Gráfica de contorno del tiempo de marinado y papaína sobre absorción del marinado en la carne de alpaca	76
Figura 30 Diagrama de Pareto estandarizada para Absorción del marinado en la carne de alpaca.....	77
Figura 31 Gráfica de efectos principales (papaína, NaCl y tiempo de marinado) sobre absorción del marinado en la carne de alpaca	78
Figura 32 Gráfica de interacción (papaína -NaCl, papaína -tiempo de marinado y NaCl - tiempo de marinado) sobre absorción del marinado en la carne de alpaca.....	79
Figura 33 Gráfica de comparación de Tukey para la fuerza de corte del jerky de alpaca	82

Figura 34 <i>Gráfico de comparación de Tukey para los parámetros de color (L^* a^* b^*) del jerky de alpaca</i>	85
Figura 35 <i>Gráfica de comparación de Tukey para el contenido de hierro hemo en el jerky de alpaca</i>	88
Figura 36 <i>Gráfica de comparación de Tukey para el pH del jerky de alpaca</i>	90
Figura 37 <i>Gráfico de comparación de Tukey para el color del jerky de alpaca</i>	92
Figura 38 <i>Gráfica de comparación de Tukey para el sabor del jerky de alpaca</i>	94
Figura 39 <i>Gráfica de comparación de Tukey para el olor del jerky de alpaca</i>	95
Figura 40 <i>Gráfica de comparación de Tukey para la textura del jerky de alpaca</i>	97
Figura 41 <i>Comparación de Tukey para la aceptación general del jerky de alpaca</i>	99

INTRODUCCIÓN

Perú tiene la mayor población de alpacas del mundo, con alrededor de 4,5 millones, lo que representa aproximadamente el 85 % de la población total ([Wurzinger y Gutiérrez, 2022](#)). Las regiones con mayor población de alpacas hasta el año 2022 fue Puno con 2 030 675 unidades, Cusco con 677 810 unidades, Arequipa con 470 840 unidades, Ayacucho con 295 856 unidades y Huancavelica 268 891 unidades ([MIDAGRI, 2024](#)). En 2022 la producción de carne para el mercado interno alcanzó las 11 926 toneladas y en la región Ayacucho 777 toneladas de carne con un rendimiento de 23.90 kg/unid ([MIDAGRI, 2024](#)).

Las alpacas son criadas principalmente en los andes del Perú para la producción de fibra y carne, siendo el sustento económico de las familias rurales ([Gutiérrez et al., 2018](#)). La carne de alpaca es rica en proteínas (21-24%), ácidos grasos insaturados (omega 3 y 6), y es baja en grasa intramuscular y colesterol, siendo una excelente fuente de aminoácidos esenciales y minerales ([Popova et al., 2021](#)). La carne de alpaca contiene un alto contenido de fibras gruesas, lo que conlleva a la dureza de la carne de alpaca, y su bajo contenido graso resulta en un menor sabor ([Smith et al., 2017](#)). El marinado enzimático (papaína) se aplica en el procesamiento de la carne para aumentar la ternura, mejora el sabor, inhibe el crecimiento de bacterias patógenas y aumenta la digestibilidad de la proteína de la carne ([Zhao et al., 2020](#)).

El jerky es un producto cárnico que se prepara de diferentes carnes magras mediante el marinando y deshidratación, y estos procesos contribuyen a la calidad del jerky ([D. H. Kim et al., 2022](#)); tiene un alto contenido de proteínas y bajo contenido de grasa ([L. Li et al., 2023](#)). Además, se puede distribuir sin refrigeración ya que tiene baja actividad de agua menor a 0.7 ([T. K. Kim et al., 2020](#)).

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La carne de alpaca es rica en proteínas, con un contenido promedio del 23 %, y es magra debido a que tiene menos del 2 % de grasa intramuscular y con ácidos grasos poliinsaturados relativamente altos , rico en hierro, zinc, fósforo y vitamina (B3, B6 y B12) ([Popova et al., 2021](#)). A pesar de estas nutrientes, la carne de alpaca no es de consumo masivo; generalmente los propios ganaderos aprovechan la carne fresca y en elaboración de charqui de manera artesanal. Uno de los problemas está asociado con la carne es su mayor contenido de tejido conectivo ([Abdel y Mohamed, 2016](#)) y la alta proporción de fibras tipo IIB (76.1%), lo que le confiere carne dura debido a la fibra muscular gruesa y que la carne de alpaca proviene de animales viejos que han cumplido otras funciones ([Smith et al., 2017](#)). El bajo contenido de grasas intramusculares en la carne, afecta negativamente la jugosidad, el sabor y textura de la carne y es uno de los principales factores que limitan su aceptación por parte de los consumidores ([Kang et al., 2020](#)). La mayoría de los estudios previos sobre el uso de la enzima papaína estaban dirigidos a la ablandación de carne fresca para su posterior comercialización ([Onopiuk et al., 2022](#)); sin embargo, no se ha investigado el uso de la papaína para mejorar las características de la carne de alpaca cuando se utiliza como materia prima en la producción de jerky de alpaca.

En los productos cárnicos como en el charqui, el cloruro de sodio es esencial como ingrediente y conservante; en la elaboración de charqui suelen utilizar el cloruro de sodio (NaCl) más de 15 % (Kumar et al., 2019) y en algunas carnes secas suele tener alto contenido de cloruro de sodio (NaCl), aproximadamente el 5.0 % en salazón seca y del 10 – 30 % en salazón húmeda; sin embargo, la ingesta excesiva de sodio es perjudicial para la salud humana y aumenta principalmente el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Ojha et al., 2018). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una ingesta diaria de NaCl menor a 5.0 g/día para adultos; sin embargo, la ingesta diaria promedio mundial de NaCl es de aproximadamente 10.8 g/día (Jia et al., 2024). Una de las estrategias más directas y eficaces para desarrollar jerky bajo en NaCl es reducir la cantidad de NaCl añadida durante la preparación (Wang et al., 2023). Por ello, se propone realizar el marinado enzimático (papaína) para aumentar la ternura y mejorar el sabor, en condiciones adecuadas de concentración de papaína, cloruro de sodio y tiempo de marinado, para un procesamiento controlado del jerky de alpaca.

La preparación tradicional del charqui de alpaca implica predominantemente el secado al aire ambiental, que es muy ineficiente y depende en gran medida de las condiciones climáticas; lo que afecta de manera negativa en el color, la textura, el sabor y el riesgo de contaminación del producto final (Fan et al., 2024). Así mismo, generalmente se realiza la deshidratación por aire caliente en una sola etapa (temperatura constante); a diferencia del secado natural, esta técnica es independiente de las condiciones climáticas ambientales, los parámetros (tiempo, temperatura, etc.) se controlan y se reduce el ciclo de deshidratación para obtener un producto cárnico deshidratado (S. Shi et al., 2020); después de un tiempo, el gradiente de temperatura dentro de la carne se vuelve muy pequeño y se forma una capa superficial rígida y seca que limita una mayor pérdida de humedad, lo que conduce al deterioro de la calidad de la carne, como decoloración, dureza excesiva, mal sabor y pérdida de nutrientes (Liu et al., 2022; S. Shi et al., 2020). Sin embargo, los efectos de la temperatura y el tiempo en la calidad del jerky de alpaca durante la deshidratación por aire caliente en múltiples etapas (gradiente), con carne de alpaca previamente marinada enzimáticamente, no se han estudiado a fondo. Por ello, en este estudio se propone esta técnica alternativa para obtener un jerky de alpaca con mejores características y garantizar su consumo inmediato.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*) tipo jerky?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es la composición proximal y característica fisicoquímica (pH, fuerza de corte y humedad/proteína) de la carne de alpaca para elaborar jerky?
2. ¿Cuáles son las condiciones óptimas del marinado (concentración de papaína, concentración de NaCl y tiempo de marinado) que minimiza la fuerza de corte y maximiza la absorción del marinado en la carne de alpaca para elaborar jerky?
3. ¿Cómo afecta las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) por aire caliente en multietapas en la fuerza de corte, color instrumental, el hierro hemo y pH del jerky de alpaca?
4. ¿Cómo afecta las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) por aire caliente en multietapas en las características sensoriales (color, sabor, olor, textura y la aceptación general) del jerky de alpaca?
5. ¿Cuál es la composición proximal, pH, humedad/proteína, actividad de agua (a_w) y calidad microbiológica del jerky de alpaca en la mejor condición de deshidratación por aire caliente en multietapas?

1.3. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*) tipo jerky

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la composición proximal y característica fisicoquímica (pH, fuerza de corte y humedad/proteína) de la carne de alpaca para elaborar jerky
2. Determinar las condiciones óptimas del marinado (concentración de papaína, concentración de NaCl y tiempo de marinado) que minimice la fuerza de corte y maximice la absorción del marinado en la carne de alpaca para elaborar jerky
3. Determinar el efecto de las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) por aire caliente en multietapas en la fuerza de corte, color instrumental, el hierro hemo y pH del jerky de alpaca
4. Evaluar el efecto de las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) por aire caliente en multietapas en las características sensoriales (color, sabor, olor, textura y la aceptación general) del jerky de alpaca
5. Determinar la composición proximal, pH, humedad/proteína, actividad de agua (a_w) y calidad microbiológica del jerky de alpaca en la mejor condición de deshidratación por aire caliente en multietapas

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

[Żochowska et al. \(2017\)](#) realizaron el estudio “Influencia de los marinados en la fuerza de corte, la estructura y las propiedades sensoriales del jerky casero”. El objetivo fue comparar el efecto de los marinados y los tipos de carne sobre los cambios en el valor de la fuerza de corte, la estructura y las propiedades sensoriales del jerky de carne de res, jabalí y venado. Se preparó jerky a partir del músculo *Longissimus* tratado durante 24 h/4°C; se emplearon diferentes marinados (especias, limón/miel, vinagre, jugo de piña y jengibre) antes de deshidratar a 55 °C/6 h. Los resultados mostraron valores altos de fuerza de corte en las carnes marinadas con especias: para el jerky de res 168.37 N, jerky de jabalí 162.17 N y jerky de venado 137.00 N. Los valores bajos de fuerza de corte se observaron cuando las carnes se marinaron en jugo de piña: jerky de vacuno 129.33 N, jerky de jabalí 124.00 N y jerky de venado 70.33 N; además, sensorialmente, la mejor percepción fue el jerky de venado marinado en limón/miel y vinagre, presentando mejor textura y olor. Los investigadores concluyeron que el marinado con jugo de piña y jengibre puede utilizarse como ablandador en la producción de jerky con carnes duras como el jabalí; en cambio, los marinados con limón/miel y vinagre son adecuados para aromatizar carnes tiernas como el jerky de venado.

Ren (2020) en el estudio “Preparación de jerky de res marinada”. El objetivo fue determinar las concentraciones óptimas del marinado (papaína al 0.02 % a 0.04 %, fosfato al 0.3 % a 0.5 % y cloruro de calcio al 0.5 % a 2%), el tiempo de marinado (2 a 4 horas) y la temperatura de deshidratación (3 a 4 horas) para obtener jerky de res. Se prepararon filetes de carne con un espesor de 2 mm, que luego se marinaron, realizaron la precocción durante 1 hora y se deshidrataron a 60 °C durante 5 horas. Los resultados mostraron que las condiciones óptimas de marinado fueron papaína de 0.03 %, fosfato de 0.3 % y cloruro de calcio de 1 %, la fuerza de corte mínima fue de 27.87 N, el tiempo de marinado óptimo fue de 3 horas; y el tiempo de deshidratación óptimo fue de 3.5 horas y la evaluación sensorial resultó ser la más alta bajo estas condiciones; además, el jerky de res presentó un contenido de humedad del 16 %, grasas del 8 % y proteínas del 56 %. El investigador concluyó que, según los valores óptimos de las condiciones de marinado y del proceso, el jerky de res tuvo una mayor aceptación sensorial.

Moore (2021) en la tesis “Efecto de diferentes marinados sobre las características de calidad del jerky de carne de cabra”. El objetivo fue evaluar el efecto del marinado ácido (vinagre) y enzimáticos (papaína) en la calidad sensorial y microbiológica del jerky de carne de cabra. Preparón los filetes de carne de cabra con un espesor de 5 mm, marinaron con diferentes niveles de vinagre (2.5 y 5 %) y papaína (0.004 y 0.04 %) y se deshidrataron a 65 °C por 10 h. Los resultados de evaluación sensorial mostraron que el marinado enzimático (papaína de 0.04 %) fue eficaz para ablandar la carne de cabra para obtener el jerky, mientras el marinado con vinagre (5%) resultó jerky duro; en cambio la calidad microbiológica, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos del marinado para los microorganismos (*Staphylococcus aureus*, *E. coli*, levadura y moho). Concluyó que el marinado enzimático con papaína en una concentración alta (0.04 %) dio un jerky de cabra más tierna, y ningún tratamiento de marinado no tuvo efecto negativo sobre la calidad microbiana.

[Kim et al. \(2022\)](#) en la investigación “Efecto de diferentes niveles de inyección de salmuera sobre las características de secado y las propiedades fisicoquímicas del jerky de res”. El objetivo fue determinar el efecto de la inyección de salmuera en fuerza de corte, pH, color instrumental y actividad del jerky de res. Prepararon el jerky de res con un marinado previo en salmuera al 1 % de NaCl en función del peso de la carne; para el marinado utilizaron un inyector de agujas de carne e inyectaron salmuera en concentraciones del 10 %, 20 % y 30 % en peso, las muestras se cortaron a 7 mm de espesor y se deshidrataron en un horno de convección a 85 °C durante 4, 3.5 y 3 horas. El marinado con el 30 % de inyección de salmuera y la deshidratación a 85 °C durante 3 horas resultaron en jerky de res con una menor fuerza de corte (155.6 N); además los parámetros de color instrumental, se observó un mayor valor de L* (43.79), un menor valor de a* (3.10) y b* (20.52); un mayor pH (5.73) y 0.81 de actividad de agua. Concluyeron que la inyección de salmuera durante el marinado afectó de manera significativa las características fisicoquímicas del jerky de res, mejorando la calidad en términos de actividad de agua, color y fuerza de corte.

[Liu et al., \(2022\)](#) estudiaron el “Efecto de diferentes métodos de deshidratación sobre las propiedades físicas del jerky de cerdo”. El objetivo fue comparar la deshidratación por radiación y convección en términos de humedad, color instrumental, hierro hemo y calidad microbiológica del jerky de cerdo. Prepararon el jerky de cerdo en rodajas de 4 mm de espesor, marinaron con especias, llevaron a precocción por 10 min y luego deshidrataron por radiación a 120 °C por 115 min y por convección a 85 °C por 100 min. Al finalizar el proceso la deshidratación, el jerky deshidratado por radiación presentó una humedad del 16.71 %, el color instrumental L* (22.5), a* (4.5) y b* (9.8) y un contenido de hierro hemo de 100 µg/g; por su parte, el jerky deshidratado por convección mostró una humedad del 17.91 %, el parámetro L* (12.5), a*(5.5) y b* (12.5) y un contenido de hierro hemo de 70 µg/g; y en ambos métodos, no se detectaron *Staphylococcus aureus* ni *Salmonella* después de 1 día de almacenamiento. Los investigadores concluyeron que la deshidratación por radiación ofrece mejores características de calidad en comparación con la deshidratación por convección en una sola etapa.

Fan et al. (2024) investigaron el “Efecto de diferentes métodos de deshidratación sobre las características fisicoquímicas, sensoriales del jerky de yak”. El objetivo fue estudiar el impacto de los métodos de deshidratación, como la deshidratación con aire caliente en una sola etapa y la deshidratación con aire caliente en multietapas sobre el color instrumental, la fuerza de corte y la aceptabilidad del jerky de yak. Para ello, realizaron el fileteado de la carne de yak con un espesor de 1 mm, la marinaron y realizaron la precocción hasta que el centro del filete alcanzara los 80 °C; luego, deshidrataron la carne mediante aire caliente en una sola etapa a 60 °C durante 4 h y en multietapas (40 °C por 1 h, 50 °C por 2 h y 60 °C por 3 h). Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en los parámetros de color instrumental ($L^* = 13$, $a^* = 2$ y $b^* = 7$) del jerky de yak entre los métodos de deshidratación con aire caliente en una sola etapa y multietapas ($p > 0.05$); sin embargo, encontraron diferencias significativas en la fuerza de corte del jerky de yak entre estos dos métodos ($p < 0.05$), la deshidratación con aire caliente en una sola etapa presentó una fuerza de corte de aproximadamente 98.07 N, mientras que el método en multietapas resultó en una fuerza de corte de 78.45 N; además, los métodos de deshidratación tuvieron un impacto significativo en la aceptabilidad general del jerky de yak ($p < 0.05$), con una puntuación de 6 para la deshidratación en multietapas y 4.6 para la deshidratación en una sola etapa. Los investigadores concluyeron que, considerando los aspectos de calidad, ahorro de tiempo y eficiencia energética, la deshidratación con aire caliente en gradiente emerge como la opción más satisfactoria para la elaboración del jerky de yak.

Choi et al. (2024) estudiaron la “Mejora de la calidad del jerky de carne de cabra negra mediante el uso de especias para reducir su sabor característico”. El objetivo fue evaluar el pH, el color instrumental, la fuerza de corte y aceptación del jerky de cabra marinado previamente con diferentes especias en polvo. Se prepararon los filetes de carne de cabra con un espesor de 7 a 8 mm, los cuales fueron marinados con especias en polvo al 0.2 % (romero, albahaca, jengibre, cúrcuma y ajo), luego se cocinaron y deshidrataron por multietapas durante 90 minutos a 72 °C, 60 minutos a 65 °C y 60 minutos a 55 °C. Los resultados mediante el marinado con jengibre mostraron valores más altos de pH (6.55) en comparación con las otras muestras; en términos de color instrumental, el marinado con cúrcuma presentó valores altos ($L^* = 33.98$, $a^* = 5.47$ y $b^* = 12.18$) en comparación con las otras muestras; la fuerza de corte fue significativamente menor en

el marinado con jengibre (75.16 N) en comparación con las otras muestras ($p < 0,05$); en cuanto a la aceptación general, el marinado con jengibre recibió una puntuación de 8.66, significativamente superior a la de las otras muestras ($p < 0,05$). Los investigadores concluyeron que marinar la carne de cabra negra con jengibre en polvo mejoró significativamente el sabor general y redujo el olor característico a cabra del jerky.

Ponce (2018) realizó el estudio de la “Influencia del ultrasonido aplicado al deshidratado convectivo de carne de alpaca (*Vicugna pacos*) en la mejora de su calidad”. Tuvo como objetivo investigar cómo el uso de ultrasonido durante el deshidratado convectivo de carne de alpaca podría mejorar su calidad. La carne fresca proveniente de Wayraccasa (Vinchos - Huamanga) y deshidratada, se caracterizó utilizando métodos estandarizados. Se empleó un diseño experimental de Diseño Central Compuesto Rotable para optimizar las variables y maximizar la calidad comercial. Los resultados mostraron que la carne fresca de alpaca tenía un contenido de humedad del 73.22%, proteínas 22.12%, grasa 1.98% y cenizas 0.88%. Tras el proceso de deshidratación sometido con ultrasonido, la carne de alpaca alcanzó valores de humedad del 18.11%, proteínas 62.27%, y grasa 6.67%, mostrando mejoras significativas respecto a la carne deshidratada tradicional. Las condiciones óptimas para la deshidratación con ultrasonido fueron 35.6 w de potencia, una densidad de energía de 0.49 kg/m^2 y una temperatura de 50°C , lo que resultó en un producto final de mejor calidad comercial con una puntuación de 2.59. Además, la carne de alpaca deshidratada con ultrasonido mostró recuentos menores de mesófilos ($< 1.45 \text{ ufc/g}$), indicando una mejor calidad microbiológica en comparación con la carne deshidratada comercial estándar.

2.2. CARNE DE ALPACA

La carne de alpaca es una fuente dietética nutritiva, considerado carne magra debido a su contenido de grasa entre a 1 a 3 %, una buena fuente de omega, niveles beneficiosos de zinc y tiene parámetros únicos y deseables de estabilidad en el color de la carne ([Smith et al., 2017](#)). La carne de alpaca destaca por su alto contenido de proteínas, perfiles de ácidos grasos beneficiosos, y constituye una fuente valiosa de aminoácidos y minerales esenciales para una dieta saludable ([Popova et al., 2021](#)).

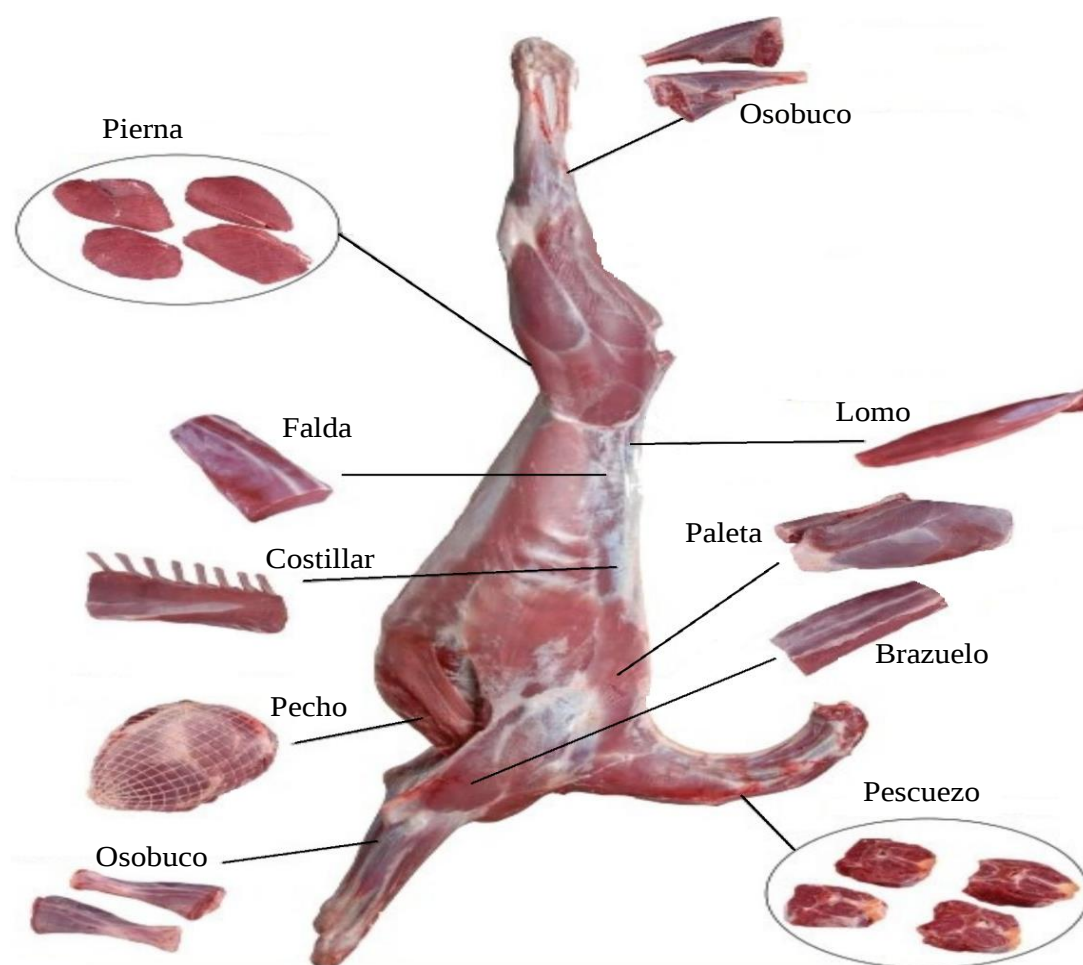
Tabla 1

Cortes, cantidades y rendimiento de la carne de alpaca

Cortes de carne	Cantidad (kg)	Rendimiento (%)
Pescuezo	2.15	8.60
Brazuelo	5.01	20.15
Costillar	1.71	6.85
Pecho	1.40	5.62
Falda	0.54	2.18
Churrasco	3.87	15.46
Pierna	7.99	31.95
Osobuco	2.08	8.32
Merma	0.24	0.97
Total	25	100.00

Nota: Cortes de carne de alpaca ([Salvá y Mateo, 2014](#)) .

Según la [Tabla 1](#) y [Figura 1](#), se puede obtener una mayor cantidad de carne de alpaca (deshuesada y desgrasada) de la pierna y el brazuelo, con 7.99 kg y 5.01 kg respectivamente, lo que equivale a un rendimiento promedio de 31.95 % y 20.15 %; estas porciones son mayormente empleadas para el consumo directo y el procesamiento en productos como charqui y embutidos, entre otros ([Salvá y Mateo, 2014](#)) .

Figura 1*Cortes de carne de alpaca*

Nota: Cortes de carne de alpaca (Salvá y Mateo, 2014) .

2.2.1. Composición química

El contenido de humedad en el musculo *longissimus thoracis et lumborum* (LL) de alpaca es del 74 %; la humedad en la carne afecta su vida útil y tiene un fuerte impacto en los parámetros sensoriales; y depende del contenido de grasa intramuscular y varía también con la edad de los animales (Popova et al., 2021). La carne de alpaca se caracteriza por tener altos niveles de contenido proteico de 23 %. Los niveles informados son superiores a los de la carne de vacuno, cordero, cabra y venado (Popova et al., 2021). La carne de alpacas Peruanas contiene grasa intramuscular menor a 4 %, lo cual es deseable para los consumidores que buscan una opción de carne saludable y baja en grasa (Popova et al., 2021). La carne de alpacas Australianas, con dietas de pastos mejorados contiene grasa intramuscular menor 1 % para tres músculos diferentes *longissimus*

thoracis et lumborum (LL), *Bíceps femoral* (BF) y *Semimebranosus* (SM) de animales machos y hembras con edades comprendidas entre 18 y 36 meses (Smith et al., 2017). Las alpacas macho de 24 meses que pastaban bajo los pastos mejorados en las mesetas del sur de Nueva Gales del Sur tenían niveles de grasa intra muscular del 3 %; sin embargo, esta diferencia debido la variación en la calidad nutricional de los pastos, la ubicación geográfica y variación genética (Biffin et al., 2019). El contenido de ceniza es de 2.5 % y se ve afectada por la composición mineral de los pastos (Popova et al., 2021).

Tabla 2

Composición química de carne de alpaca

Composición proximal	Unidades	(Salvá et al., 2009).	(NTP 201.043, 2021).
Humedad	%	74.1	71.90 – 77.3
Proteína	%	22.7	18.93 – 21.74
Grasa	%	2.1	1.06 – 7.20
Ceniza	%	1.1	1.11 – 1.60

Nota: Los análisis proximales realizaron en *Longissimus Thoracis* y *Músculo Lumbar* (LTLM) (Salvá et al., 2009).

2.2.2. Valor nutricional

La carne es una rica fuente de proteínas de alto valor biológico, proporcionando los aminoácidos esenciales necesarios para adultos y niños; contiene entre 20 - 24 % de proteína en estado crudo, siendo fundamental para el crecimiento, mantenimiento y reparación del cuerpo; la ingesta diaria de proteínas se estima en 0.8 g de proteína/kg/peso corporal/día para adultos, ancianos sanos (mayor a 65 años) entre 1.0 a 1.2 g de proteína/kg/peso corporal/día y ancianos con enfermedades crónicas entre 1.2 a 1.5 g de proteína/kg/peso corporal/día (Ribeiro et al., 2023). El consumo de carne se convierte en un aliado de la nutrición debido a su alta concentración de proteínas y biodisponibilidad por su composición de aminoácidos esenciales, vitaminas, especialmente las del complejo B y rico en minerales (Fe, K, Zn, P, etc.) biodisponibles esenciales para la salud (Popova et al., 2021). El hierro hemo de la carne se absorbe de manera más eficiente de 20 a 30 % que el hierro no hemo que se absorbe de 5 a 15 %; además, el hierro hemo mejora la absorción del hierro no hemo de otros alimentos consumidos conjuntamente; la carne y sus derivados contribuyen el 21 % de la ingesta de hierro en adultos de 19 a 64 años

(Wyness, 2016). El contenido de hierro (Fe) en la carne de alpaca varía de 91 a 303 ug/g, que varía con la edad del animal, la genética, sistemas de producción de suelos y pastoreo (Popova et al., 2021).

2.2.3. Características fisicoquímicas

a. pH

Característica fundamental para evaluar la calidad de la carne durante el procesamiento y almacenamiento (Mishra et al., 2017). En la carne de alpaca a 48 horas de haber sido sacrificada tiene un nivel de pH medio de 5.6, lo cual es considerado normal para ese período después de la muerte del animal (Salvá et al., 2009) y según la normativa nacional la carne de alpaca debe tener el pH entre 5.5 a 6.4 (NTP 201.043, 2021).

b. Ternura

La ternura de la carne es una de las cualidades importantes para el consumidor; en el caso de la carne cocida de alpaca, se registró un valor promedio de fuerza de corte de 4,7 N (Salvá et al., 2009). Durante el almacenamiento post mortem de 2 a 7 días, la carne de alpaca presenta una ternura medida mediante fuerza de corte que varía entre 4.15 a 6.06 N (Polidori et al., 2007). La fuerza de corte de las carnes de alpaca disminuye a medida que aumentaba la edad del animal (Popova et al., 2021). La carne de alpaca tiene una terneza entre 40 y 59 N, medida mediante la prueba de fuerza de corte (Cruz et al., 2024).

c. Color

La carne de alpaca presenta niveles promedio de luminosidad (L^*) de 36.2, tonalidad roja (a^*) de 15.1 y matiz amarillo (b^*) de 1.2 (Salvá et al., 2009). El color de la carne de la alpaca, es afectado por la composición de las fibras musculares, la ubicación anatómica de los músculos, la nutrición, así como los procesos tecnológicos de conversión de músculos en carne, edad y época del sacrificio (Popova et al., 2021).

2.3. MARINADO DE CARNE

El marinado consiste en el tratamiento de la carne mediante la introducción o mezcla de líquidos condimentados, que pueden estar cocidos o crudos, y que puede contener ingredientes adicionales como ácidos, enzimas y especias (Lopes et al., 2022). Además, es un método para ablandar la carne mediante técnicas físicas, químicas y biológicas; acelerando la tasa natural de proteólisis de la carne al reducir el pH después del postmortem, lo que estimula la actividad de las enzimas para la maduración muscular (Gómez et al., 2020). El marinado no solamente mejora la ternura y la palatabilidad de la carne, sino que también protege contra el deterioro microbiano y químico, y mejora la seguridad microbiológica al inhibir microorganismos patógenos (Kalahrodi et al., 2021).

2.3.1. Técnicas del marinado

Es importante seleccionar la técnica del marinado y la forma de aplicarla para dar sabor, mejorar la retención de humedad y la textura de los productos cárnicos en carnes marinadas. Hay varias opciones disponibles, como marinados en seco y en pasta, que suelen utilizarse en entornos domésticos y culinarios, y marinados como la inmersión, inyección, volteo y masaje, que se aplican principalmente en la producción industrial de productos cárnicos (Yusop et al., 2011).

2.3.1.1. *Marinado en seco*

El marinado seco es una técnica sencilla en comparación con otras técnicas. Consiste en mezclar hierbas, especias, sal y ocasionalmente azúcar que se frota o se polvorea sobre la carne previamente untada con aceite vegetal. Esto permite que la mezcla se adhiera a la carne. En algunos casos, se pueden hacer cortes superficiales de la carne para facilitar la penetración del marinado, atrapando así el sabor en la carne (Yusop et al., 2011).

2.3.1.2. *Marinado en pasta*

Es una variación del marinado en secos, en las que se incorpora algún tipo de líquido. Se preparan mezclando especias, aceite u otros líquidos, creando una pasta. Los ingredientes de esta pasta pueden variar, desde mostaza, aceite, mantequilla, jugo y cáscaras de frutas hasta chiles secos rehidratados, ajo, cebolla, jengibre y hierbas frescas

como albahaca o cilantro. Esta pasta marinada se unta sobre un trozo de carne, que se deja reposar durante varias horas o incluso toda la noche en el refrigerador antes de la cocción. La mayoría de las pastas se adhieren a la carne para formar una corteza con sabor más intenso (Yusop et al., 2011).

2.3.1.3. *Marinado por inmersión*

Es más económico e implica sumergir el ingrediente en una mezcla líquida y permitir que esta penetre en la carne con el tiempo, normalmente entre 8 a 12 horas para pechuga de pollo. Sin embargo, el principal inconveniente es su tasa de absorción del marinado es bajo y su proceso más lento, especialmente cuando se trata de marinar piezas más grandes. Pese a este problema se puede mejorar el marinado, mediante la adición de ingredientes ácidos y enzimas que actúen como ablandadores (Yusop et al., 2011). La carne es sumergida en el marinado que incluye una diversidad de ingredientes, como ácidos, sales, vino, vinagre, extractos de hierbas, salsa de soja, aceites y especias (Lopes et al., 2022).

2.3.1.4. *Marinado por inyección*

Es la técnica más empleada, ya que permite dosificar una cantidad exacta del marinado, garantizando la uniformidad del producto sin perder tiempo sumergiéndolo por completo (Rahman et al., 2023). La inyección del marinado en la carne se realiza a través la introducción de las agujas, el marinado se inyecta a medida que se retiran las agujas, distribuyéndose uniformemente por toda la pieza cárnica (Alvarado y McKee, 2007).

2.3.1.5. *Marinado por volteo y masaje al vacío*

Esta técnica es más eficaz en la industria cárnica, ya que mejora la distribución del marinado y penetración en la carne, lo que resulta en productos cárnicos cocidos con mejor sabor, mayor ternura y rendimiento de cocción en comparación de las técnicas convencionales del marinado (Yusop et al., 2011).

2.3.2. Insumos del marinado

Durante décadas, se han utilizado ingredientes tradicionales para marinar la carne, tal como sal, hierba y especias (Lopes et al., 2022). En la actualidad, el uso de los ingredientes es más frecuente en la industria alimentaria, incorporando ajo en polvo, cúrcuma, aceites esenciales, ácido cítrico y otros para marinar la carne (Rahman et al., 2023). Por lo general, estos ingredientes añadidos facilitan el procesamiento de la carne, mejoran las cualidades sensoriales de la carne y prologan la vida útil de los productos cárnicos (Mediani et al., 2022).

a. Cloruro de sodio (NaCl): El ingrediente más comúnmente añadido en los productos de carne seca es el NaCl, no solo actúa como condimento, sino que también deshidrata la carne para su conservación. En este tratamiento osmótico binario, el NaCl y el agua provocan la deshidratación osmótica de la carne, altas concentraciones de NaCl en la solución osmótica o salmuera aumentan la absorción de sal y disminuyen la actividad del agua (a_w) en la carne (Mediani et al., 2022). Se agrega NaCl para mejorar la retención de agua, las propiedades sensoriales y la conservación de los productos cárnicos; sin embargo, también actúa negativamente como un prooxidante para grasas y proteínas, lo que conlleva a cambios en la calidad de los productos cárnicos (S. Li et al., 2023). En el marinado de la carne mejora la retención de agua al expandir los espacios entre actina y miosina, también reduce los puntos isoeléctricos de dichas proteínas (Petracci et al., 2013). Las altas concentraciones de NaCl provoca hinchamiento de las miofibrillas al iniciar la extracción de proteínas de la banda A en el sarcómero mediante la despolimerización de la miosina (Xiong et al., 2000).

b. Especias y condimento: Las especias y condimentos, ya sean enteros, molidos o en extractos, se agregan durante la elaboración de carne deshidratada para mejorar sus cualidades sensoriales y aportar propiedades antimicrobianas, antifúngicas y antioxidantes (Mediani et al., 2022).

2.3.3. Tipos de marinado

2.3.3.1. *Marinado ácido*

Las marinadas ácidas (salsa de soja, ácido cítrico, ácido láctico, ácido acético, lactato de sodio y vino tinto) reducen el pH de la carne, lo que conlleva a mejorar la ternura al aumentar la solubilidad del colágeno, las miofibrillas y la hinchazón de las proteínas musculares ([Rahman et al., 2023](#)).

2.3.3.2. *Marinado en productos lácteos*

Actualmente, el uso de diversos productos lácteos (el yogur, el kéfir y el suero de leche) son más utilizados para marinar la carne; estos productos mejoran la calidad sensorial y nutricional de la carne ([Rahman et al., 2023](#)).

2.3.3.3. *Marinado en semillas y aceites*

El marinado con semillas y aceites esenciales (tomillo naranja, enebro y Citrus limon), estos compuestos orgánicos mejoran la vida útil que presentan una menor carga bacteriana durante el almacenamiento, inhibiendo patógenos como *Staphylococcus aureus*, *L. monocytogenes* y *S. enteritidis* ([Rahman et al., 2023](#)).

2.3.3.4. *Marinado en hierbas y especias*

Mejorar las propiedades sensoriales (ternura, jugosidad, sabor) y los componentes nutricionales (contenido de proteínas, grasas, cenizas, colesterol), una de las funciones importantes que cumple el marinado con hierbas/especias es la reducción de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y aminas heterocíclicas (HCA) ([Rahman et al., 2023](#)).

2.3.3.5. *Marinado enzimático*

Las enzimas proteolíticas obtenidas de las frutas tienen efectos positivos en la ternura de la carne, debido a la degradación de la célula muscular, proteínas miofibrilares del perimisio y el colágeno ([Gagaoua et al., 2021](#)). La papaína es una enzima proteolítica que altera el tejido conectivo, puede modificar suavemente y de manera segura la estructura de las proteínas musculares en la concentración adecuada; las principales

técnicas de marinado con papaína son la inyección y la inmersión. En el marinado de la carne se utiliza la papaína en una concentración de 0 – 0.3 %; las enzima papaína se activa a 68 °C por 20 min y se desactiva a 82 ° C por 5 min (Botinestean et al., 2021). La papaína presenta mayor actividad en el rango de pH de 5.0 a 8.0 y una mejor estabilidad en el rango de pH de 6.5 a 7.5 (Gagaoua et al., 2021). El marinado enzimático no solo afecta la ternura de los productos cárnicos al hidrolizar las proteínas en el músculo, sino que también inhibe el crecimiento de bacterias patógenas, mejora la digestibilidad y contribuye a mejorar el sabor de los productos cárnicos (Zhao et al., 2020).

2.3.4. Efectos del marinado en la ternura de la carne

El aumento de la ternura de la carne durante el marinado, es debido a la absorción del marinado por el tejido muscular y de cambios en las proteínas musculares; lo cual se considera tierna cuando el fuerza de corte oscila entre 32.96 a 42.77 N (Tkacz et al., 2021). Mediante el uso de papaína en la carne, los valores de la fuerza de corte varían en un rango de 31.13 a 38.97 N, lo que se considera relativamente blando (Botinestean et al., 2021). La carne marinada, mediante la inyección de papaína durante los 48 h, mostró valores de fuerza de corte más bajos que el sin marinar (Marino et al., 2023). La fuerza de corte es un indicador clave de la textura de la carne y son deseables valores de fuerza de corte más bajos (X. Zhang et al., 2023).

2.3.5. Absorción del marinado

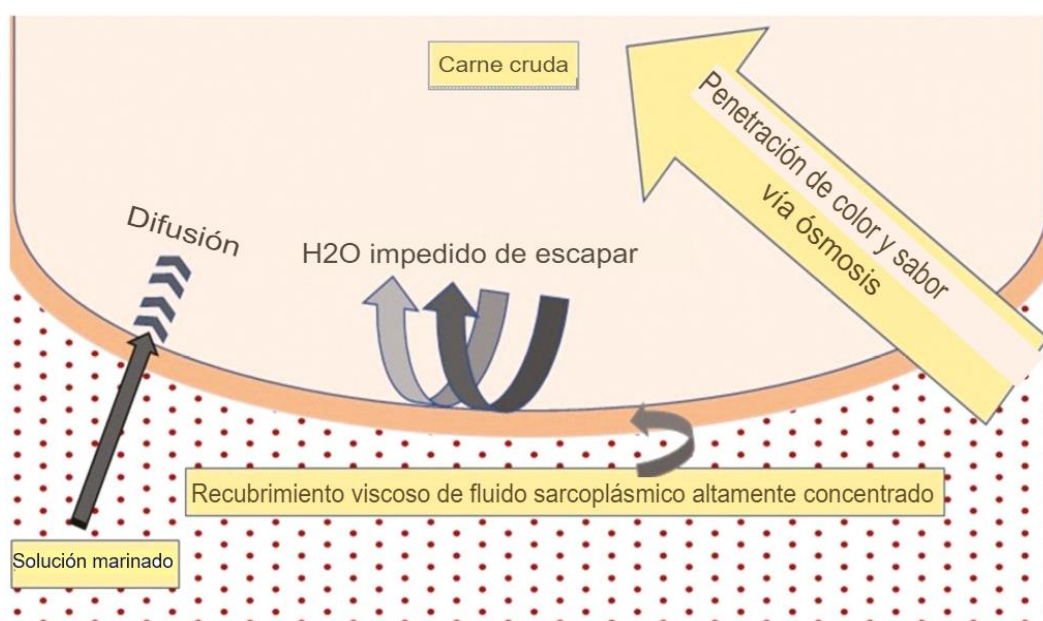
La absorción del marinado se utiliza para evaluar la calidad de la carne durante el proceso de marinado, que proporcionar un sabor durante o después del marinado en la carne (Y. Li et al., 2020). La absorción del marinado oscila entre 3.3 - 4.4 %, lo cual depende del tipo, técnica, los ingredientes y la dosificación del marinado (Tkacz et al., 2021). La carne de pollo marinada en jugo de kiwi y limón tiene valores de absorción del marinado entre 0,05 - 10,75 % (Çimen et al., 2024). Valores altos de absorción del marinado se asocian con hinchazón y mejor extracción de proteínas miofibrilares, relacionadas con un aumento en la fuerza iónica (Prejsnar et al., 2023). La sal extrae el líquido de la carne a través de la ósmosis., luego la solución de marinado es absorbida por la carne mientras se descompone la estructura muscular (Rahman et al., 2023).

2.3.6. Mecanismo del marinado

El marinado se difunde desde la superficie hacia el interior de la carne debido al gradiente de concentración, que va desde la mayor a menor concentración de líquido dentro de la carne (Yusop et al., 2011). El proceso de marinado implica la transferencia de solutos como sal, especias, agua y otros aditivos desde el marinado hacia la carne, mientras que las composiciones de la carne como proteínas, iones y pequeñas moléculas solubles en agua se transfieren desde la carne hacia el marinado, alcanzando un equilibrio conforme aumenta el tiempo de marinado (Y. Shi et al., 2023). La carne tiene alrededor del 70 % de humedad, mientras que el fluido dentro del tejido muscular de la carne tiene una menor fuerza iónica que la solución de marinado; esta solución es fácilmente absorbida por la carne mediante procesos osmóticos hasta alcanzar el equilibrio como se observa en la Figura 2 (Alvarado y McKee, 2007).

Figura 2

Mecanismo del marinado de la carne



Nota: mecanismo de absorción del marinado en la carne (Alvarado y McKee, 2007).

2.4. DESHIDRATACIÓN DE CARNE

La deshidratación se utiliza comúnmente para reducir el contenido de agua presente en la carne, inhibiendo así la actividad microbiana y las reacciones bioquímicas, para lograr una conservación óptima del producto cárnico deshidratado (Mishra et al., 2017; Ozbekova et al., 2024). Las principales ventajas de la carne deshidratada son su peso ligero, la facilidad de almacenamiento y envasado, la fiabilidad del producto y su calidad, que se asemeja a la de la carne fresca (Ozbekova et al., 2024). En contraste, durante la deshidratación, las proteínas de la carne se desnaturalizan a altas temperaturas, disminuyendo su funcionalidad; pero puede ser deseables para mejorar la solubilidad y digestibilidad de las proteínas debido a la proteólisis (Shirkole et al., 2023).

2.4.1. Deshidratación con aire caliente

La deshidratación por convección o por aire caliente se utiliza ampliamente debido a su viabilidad técnica, el bajo costo del equipo y la gran capacidad de procesamiento, en comparación con el secado al vacío, la congelación, el microondas, la pulverización y el lecho fluidizado (Silva et al., 2024). Dependiendo de la temperatura durante el proceso de deshidratación, existen dos tipos de deshidratación con aire caliente: deshidratación con aire caliente a temperatura constante (una etapa) y deshidratación con aire caliente por gradiente (multietapas) (S. Shi, Feng, et al., 2021).

a. En una solo etapa o temperatura constante

Tradicionalmente, se emplea una temperatura constante a lo largo del proceso de deshidratación; aunque esta técnica es sencilla, tiene varias desventajas, como el uso ineficiente de energía, la baja eficiencia del secado y la calidad insatisfactoria del producto final (Pei et al., 2022). En este proceso deshidratación de carne en una sola etapa, el calor del aire se transfiere a la superficie de la carne y se conduce al producto cárnico, al mismo tiempo la humedad migra desde el músculo interno a la superficie de la carne donde se evapora en el aire caliente de la deshidratación (S. Shi, Zhao, et al., 2021). El movimiento continuo de la humedad dentro de la carne y la reducción del gradiente de temperatura interna y externa generan una migración excesivamente rápida de la humedad hacia la superficie de la carne (Ye et al., 2024); esto genera una capa exterior rígida que limita la migración de humedad, prolongando el tiempo de

deshidratación, reduciendo la eficiencia energética y la calidad del producto (Pei et al., 2022).

b. En múltiples etapas o gradientes

En la deshidratación con aire caliente en múltiples etapas o gradientes, la temperatura del aire de deshidratación aumenta antes de la formación de la capa superficial rígida y seca, lo que hace que el proceso sea más eficiente (S. Shi, Feng, et al., 2021). Esta tecnología alternativa de deshidratación con aire caliente, consiste en aumentar la temperatura del aire durante la deshidratación antes de que se forme una superficie rígida y seca, mejorando así la migración de la humedad; esto implica aplicar diferentes temperaturas en distintas etapas del ciclo de deshidratación, lo que resulta en una mayor eficiencia y eficacia (Pei et al., 2022).

2.4.2. Parámetros de deshidratación con aire caliente

El control adecuado de las variables de deshidratación con aire caliente, tales como la temperatura, tiempo, humedad y otros; es importante controlar para obtener un producto cárnico deshidratado de calidad, uniforme y estable (S. Shi, Zhao, et al., 2021).

2.4.3. Efectos de la deshidratación en la calidad del jerky

La calidad de las carnes deshidratadas se ve influenciada por factores como la temperatura, el tiempo de deshidratación, la humedad relativa y el contenido de agua, todos los cuales son parámetros esenciales en las condiciones de la deshidratación (Mishra et al., 2017). Las características como color y textura de los productos cárnicos deshidratados se ven afectadas por la transferencia de calor y la migración de humedad, que son influenciadas por la temperatura y tiempo de deshidratación (S. Shi, Zhao, et al., 2021).

a. Componentes proximales

Los componentes de la carne, como las proteínas, grasas y cenizas, aumentan debido a la reducción de agua durante la deshidratación (Shirkole et al., 2023). El jerky presenta una relación de humedad – proteína (RHP) inferior a 0.75, lo que da lugar a un

producto deshidratado y firme ([L. Li et al., 2023](#)); además, se utiliza como un indicador de seguridad microbiana en productos tipo jerky ([T. K. Kim et al., 2020](#)).

b. Ternura

En la deshidratación de la carne con aire caliente, la fuerza de corte varía de 11 a 35 N conforme la temperatura y tiempo de deshidratación aumenta de 40 a 60 °C ([S. Shi, Zhao, et al., 2021](#)). La inyección de salmuera en la carne crea una estructura porosa, lo que conlleva a una reducción en la fuerza de corte tras el proceso de deshidratación ([D. H. Kim et al., 2022](#)).

c. Color

La calidad del color en la carne deshidratada se evalúa mediante los valores de brillo (L^*), enrojecimiento (a^*) y amarillez (b^*), siendo un valor mayor dentro de un rango específico que indica mejor calidad ([Liu et al., 2022](#)). La variación del color de la carne deshidratada de res con aire caliente, indica que a medida la temperatura de deshidratación aumenta de 40 °C a 60 °C; implica la disminución en los valores de L^* es 44,0 - 34,8 y a^* es 11,1 - 7,7, en cambio el valor de b^* aumentan de 19,8 - 28,6 ([S. Shi, Zhao, et al., 2021](#)). La decoloración de la carne durante la deshidratación se debe a la oxidación de la mioglobina, la principal proteína responsable del color de la carne (rojo brillante a marrón oscuro), lo que da lugar a la formación de metamioglobina que depende de la presión parcial de oxígeno, la temperatura, el pH y la actividad microbiana ([Ozbekova et al., 2024](#)). En este caso, para evitar alteraciones del color, se recomienda utilizar nitratos ([Shirkole et al., 2023](#); [Tkacz et al., 2021](#)).

d. Hierro hemo

El componente principal de la oximioglobina es el hierro hemo, la variación en la cantidad de hierro hemo indica cambios en la oximioglobina ([Liu et al., 2022](#)). Con el incremento de la temperatura de 40 a 60 °C y el tiempo de deshidratación de 0,5 a 2 h, el contenido de hierro hemo en carne de res deshidratada varía de 30 - 35 % al 17 - 23 %; el cambio se atribuye a la oxidación de la oximioglobina y la reducción de la metmioglobina durante la deshidratación ([S. Shi, Zhao, et al., 2021](#)).

e. pH

La variación en el pH se debe a la pérdida de grupos ácidos libres por diferentes técnicas de secado; el secado al aire tiene un pH de 6,25, mientras que el secado al sol y a la sombra tienen un pH de 6,03; los valores elevados de pH son causados por la desnaturalización de las proteínas de la carne debido al secado ([Mediani et al., 2022](#)).

f. Actividad de agua (aw)

En los productos secos, los contenidos de aw suelen ser inferiores a 0.7, ya que son responsables de la estabilidad microbiológica para evitar el crecimiento microbiano. El jerky de res, todos los procesos de secado de la carne, como el secado al aire y al sol, alcanzaron valores bajos de aw inferiores a 0,75, lo que significa un bajo contenido de agua ([Mediani et al., 2022](#)). El jerky disponibles comercialmente tienen una baja actividad de agua menor a 0.70; debido a su baja aw, el jerky de no necesita refrigeración y tiene un consumo conveniente y estabilidad en almacenamiento más de 1 año ([Kumar et al., 2019](#); [S. Li et al., 2023](#)).

g. Características sensoriales

El aumento tiempo y altas temperatura de deshidratación provoca que la textura, el olor, el sabor y el color de la carne deshidratada se deterioren; esto se debe principalmente a la desnaturalización de las proteínas, reacción de Maillard y oxidación de lípidos ([S. Shi, Feng, et al., 2021](#)). La oxidación de lípidos y las reacciones de hidrólisis generan ácidos grasos y compuestos volátiles que contribuyen al sabor característico de la carne deshidratada ([Shirkole et al., 2023](#)). El tiempo de deshidratación más corto facilita la inyección de salmuera en la carne y contribuye a la resistencia a la decoloración ([D. H. Kim et al., 2022](#)).

2.5. PROCESO DE ELABORACIÓN DE JERKY

El jerky es uno de los productos cárnicos con un alto contenido de proteína, bajo contenido de grasa y listos para comer; se elabora de cualquier carne magra (res, cerdo, aves, etc.) luego es marinado, deshidratado al aire caliente o al horno y opcionalmente ahumado; se clasifica como un producto cárnico no perecedero ([L. Li et al., 2023](#)).

Las principales operaciones para la elaboración del jerky, se detallan a continuación:

a. Selección y preparación de la carne: Se selecciona regiones anatómicas como el lomo o la pierna, eliminando la mayor parte de la grasa, tejido conectivo visible y se lava en agua potable ([Fan et al., 2024](#); [Liu et al., 2022](#))

b. Congelación: La congelación de la carne se realiza a -18 a -20 °C durante 6 - 48 h para facilitar el fileteado y reduce el tiempo de salazón al facilitar la rápida difusión de la sal ([Cheng et al., 2023](#)).

c. Fileteado: Se cortar la carne en tiras o filetes siguiendo la dirección de las fibras musculares o perpendicularmente, con un espesor de 4 - 10 mm ([Fan et al., 2024](#); [Liu et al., 2022](#))

d. Marinado: El marinado de la carne puede incluir sal, nitritos, pimienta, ajo, cebolla, salsa de soja, zumo de limón, además de otros aditivos como ascorbato, fosfatos, azúcares, glutamato monosódico, papaina o humo líquido y se lleva a cabo a temperatura de refrigeración (4°C) por 1 – 48 h ([X. Zhang et al., 2023](#)) .

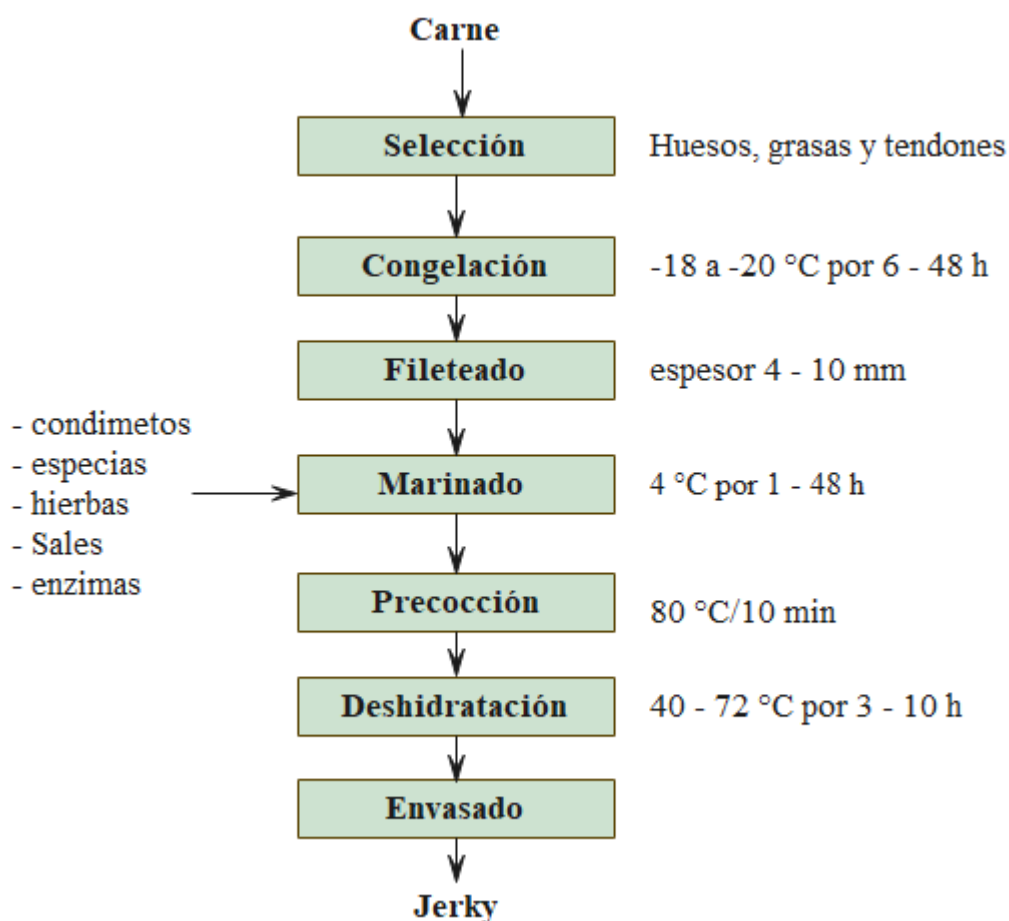
e. Precocción: Los filetes marinados se someten a la precocción para asegurar la calidad microbiológica antes de la deshidratación, durante 10 min ([Liu et al., 2022](#)) o hasta que el centro del filete alcanzara los 80 °C ([Fan et al., 2024](#))

f. Deshidratación: Las tiras de carne se deshidratan en deshidratadoras de bandejas, a baja humedad relativa (40 %) y temperaturas entre 40°C a 72°C por 3 – 10 h, controlando el proceso para evitar la formación de costra en la superficie ([D. H. Kim et al., 2022](#); [S. Shi, Feng, et al., 2021](#)).

g. Envasado: El jerky se envasa al vacío o en atmósferas modificadas para evitar la oxidación y el crecimiento de mohos ([Liu et al., 2022](#)).

Figura 3

Diagrama de flujo para la elaboración del jerky



Nota: Proceso de elaboración de jerky (Fan et al., 2024; Liu et al., 2022)

2.6. PRODUCTOS CARNICOS SIMILARES A JERKY

Charqui: Se elabora a partir de carne de llama, alpaca o sus híbridos mediante un proceso que incluye deshuesado, eliminación de grasa, fileteado, salado (en salmuera o salazón) y secado o deshidratado; con una humedad máxima del 20 %, una contenido mínimo de proteína del 45 % y un contenido máximo de grasa del 12 %; mientras que los requisitos microbiológicos establecen que *Staphylococcus aureus* debe estar por debajo de 10^3 NMP/g, *Clostridium perfringens* debe ser menor a 10^3 UFC/g y *Salmonella spp.* debe estar ausente en 25 g del producto (NTP 201.059, 2015).

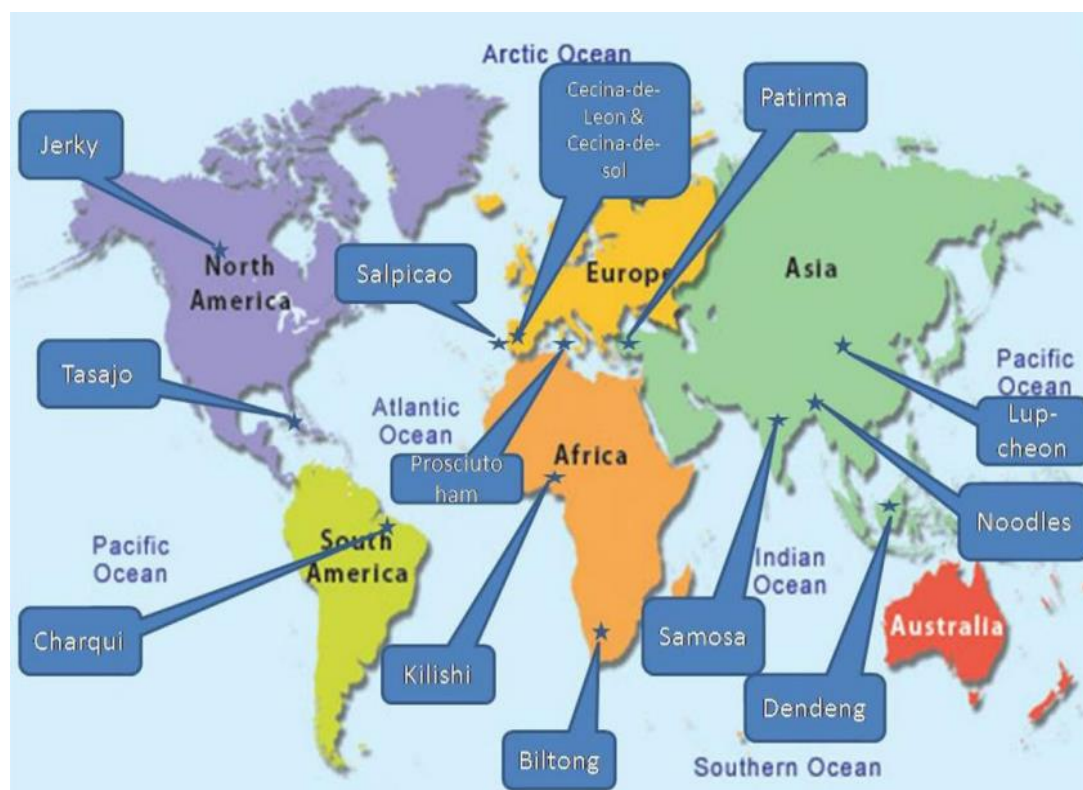
Chalona: Es el producto obtenido a partir de carne de ovino, que ha sido deshuesada, desgrasada, fileteada, salada y secado o deshidratación (PNAEQW, 2023).

Carne seca salada: Es el producto obtenido a partir de carne de bovino, caprino y porcino que ha sido deshuesada, desgrasada, fileteada, salada y luego sometida a un proceso de secado o deshidratación (PNAEQW, 2023).

Cecina: Es un producto de origen español, elaborado de carne de vacuno mediante el salado, secado al aire y ahumado; durante el proceso disminuyen la humedad y la actividad del agua, mientras aumenta la concentración de sal, lo que afecta la actividad enzimática y el desarrollo del sabor y aroma; su elaboración es similar a la del jamón curado (Kumar et al., 2019). En la Figura 4 muestra las variedades adicionales de productos cárnicos deshidratados que no se habían mencionado previamente.

Figura 4

Distribución global de productos cárnicos deshidratados



Nota: Distribución de productos deshidratados cárnicos (Kumar et al., 2019).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental de Jugos y Conservas y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Asimismo, se contó con el servicio del laboratorio CENA S.A.C., para los análisis específicos.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo de esta investigación es aplicado, ya que se busca resolver el problema; en este caso, mejorar la calidad de carne deshidratada de alpaca tipo jerky a través del uso de técnicas de marinado por inyección y deshidratación por aire caliente en gradiente.

El nivel de investigación es explicativo, lo cual implica que se investigó las relaciones causales entre variables, como el marinado, el tiempo y la temperatura de deshidratación, y su efecto en la calidad de carne deshidratada de alpaca.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Carne de alpaca que se comercializa en el mercado Nery García.

Muestra: 15 kg de carne de alpaca que han sido sometidos a diferentes tratamientos de marinado y deshidratación

3.4. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS

3.4.1. Materia prima e insumos

- Carne de alpaca fresca
- Papaína (grado alimentario)
- Cloruro de sodio (grado alimentario)
- Agua potable
- Esencia de carne
- Comino
- Pimienta
- Pimentón en polvo

3.4.2. Materiales

- Vasos precipitados de 250 ml
- Placas Petri
- Crisol
- Probeta de 100 ml
- Papel aluminio
- Táper de plástico
- Cuchillos de acero inoxidable
- Termómetros
- Cooler
- Bowl cónico de acero inoxidable
- Ollas de acero inoxidable
- Cucharones de acero inoxidable
- Gas propano
- Bolsas polietileno
- Licuadora
- Cronómetro
- Papel filtro
- Matraz de 100 ml
- Embudo de filtración

3.4.3. Reactivos

- Acetona (C_3H_6O) al 99 %
- Ácido clorhídrico concentrado (HCl) al 37 %
- Agua destilada (H_2O)

3.4.4. Equipos

- Deshidratador de bandejas (marca Maqorito, modelo MQD - 16BD)
- Estufa (marca Memmert, Temperatura de 0 a 250 °C)
- Mufla (marca BIONET S.A.; TEMP. MAX. 1200 °C)
- Inyector de multiagujas (marca LAYPET, modelo SJA-433, cap. 90 ml)
- Rebanadora (marca Finezza, modelo FZ-106RA, regulación de espesor 0 a 15mm)
- Refrigeradora (marca Coldex no Frost, modelo CN – 29)
- pH metro (marca Jenway, modelo 370 pH /mV / Temp.)
- Balanza analítica (Ohaus capacidad de 160 g, precisión 0.00001)
- Balanza analítica (marca DENVER INSTRUMENT – APX -153; Máximo 150g precisión= 0.001)
- Balanza de plataforma (marca VALTOX- LC30, capacidad Min. 200 g y Max. 30kg)
- Refractómetro (modelo SpectroScan 50V Dual spl)

3.5. DISEÑO METODOLÓGICO

Según la [Figura 5](#), el diseño metodológico incluye la caracterización de la carne de alpaca fresca, marinado optimizado, deshidratación, evaluación fisicoquímica, sensorial, composición proximal y análisis microbiológico del jerky de alpaca.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

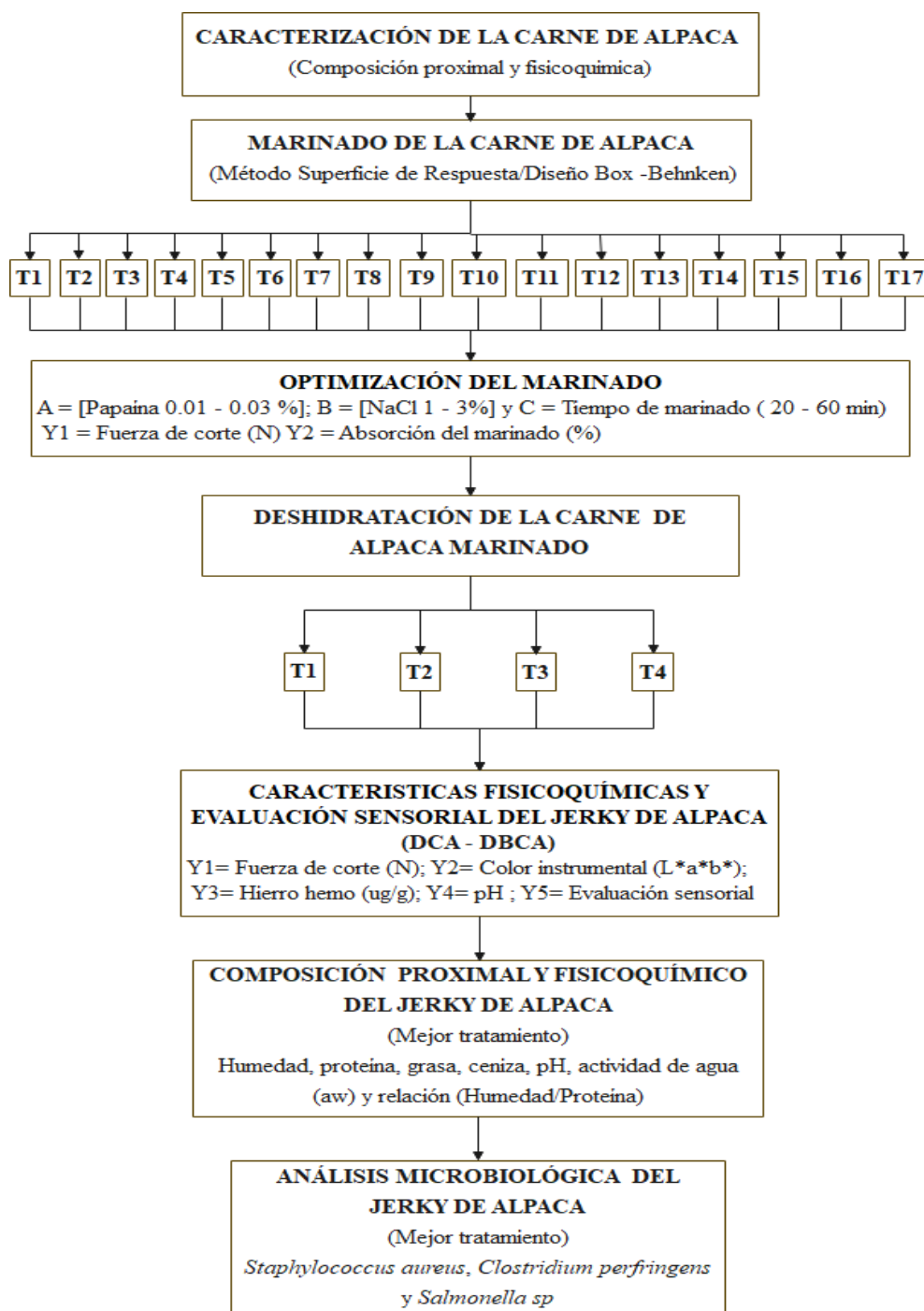
3.6.1. Tratamientos del marinado de la carne de alpaca

En el tratamiento del marinado se utilizó el Diseño de Box Behnken (DBB), para optimizar la fuerza de corte (minimización) y absorción del marinado (maximización) en la carne de alpaca generado mediante el software Statgraphics (V.19). El diseño experimental consistió en 17 ejecuciones, como se presenta en la [Tabla 3](#) y [Tabla 4](#); cada ejecución correspondió a una combinación específica de estos tres factores, la concentración de papaína (0.01, 0.02 y 0.03 %), concentración de NaCl (1, 2 y 3 %) y el tiempo de marinado (20, 40 y 60 min). El grupo de tratamiento combinado óptimo para la carne de alpaca marinado se obtuvo a partir de los resultados de DBB y se denominó tratamiento combinado de papaína – NaCl – tiempo de marinado.

Se establece los valores máximos y mínimos de cada uno de las variables en estudio como: la concentración de papaína ([Botinestean et al., 2021](#)), concentraciones de cloruro de sodio ([Luckose et al., 2017](#)) y tiempo de marinado ([X. Zhang et al., 2023](#)), tal como se muestra en la [Tabla 3](#).

Figura 5

Diagrama del diseño de investigación de carne deshidratada de alpaca tipo jerky



Nota: Las codificaciones T₁ a T₁₇ en el marinado se detallan en la [Tabla 4](#), y T₁ a T₄ en la deshidratación se detallan en la [Figura 6](#).

Tabla 3

Niveles codificados de las variables independientes en el Diseño Box - Behnken para el tratamiento de marinado de carne de alpaca

Variables independientes Nombres	Niveles codificados		
	-1	0	+1
	Niveles reales		
Papaína (%)	0.01	0.02	0.03
Cloruro de sodio (%)	1	2	3
Tiempo de marinado (min)	20	40	60

Para la determinación de la formulación óptima del marinado de la carne de alpaca se utilizó el Diseño de Box-Behnken con un arreglo de 17 tratamientos, como se observa en la [Tabla 4](#).

Tabla 4

Valores codificados y reales de las variables de cloruro de sodio, papaína y tiempo de marinado en el tratamiento del marinado utilizando el Diseño Box - Behnken

Tratamientos	Valores codificados			Variable Independiente			Variable de Respuesta	
				papaína (%)	NaCl (%)	Tiempo de marinado (min)	Y ₁	Y ₂
1	0	0	0	0.02	2	40	y ₁₋₁	y ₂₋₁
2	-1	-1	0	0.01	1	40	y ₁₋₂	y ₂₋₂
3	+1	-1	0	0.03	1	40	.	.
4	-1	+1	0	0.01	3	40	.	.
5	0	0	0	0.02	2	40	.	.
6	+1	+1	0	0.03	3	40	.	.
7	-1	0	-1	0.01	2	20	.	.
8	+1	0	-1	0.03	2	20	.	.
9	0	0	0	0.02	2	40	.	.
10	-1	0	+1	0.01	2	60	.	.
11	+1	0	+1	0.03	2	60	.	.
12	0	-1	-1	0.02	1	20	.	.
13	0	0	0	0.02	2	40	.	.
14	0	+1	-1	0.02	3	20	.	.
15	0	-1	+1	0.02	1	60	.	.
16	0	+1	+1	0.02	3	60	.	.
17	0	0	0	0.02	2	40	y ₁₋₁₇	y ₂₋₁₇

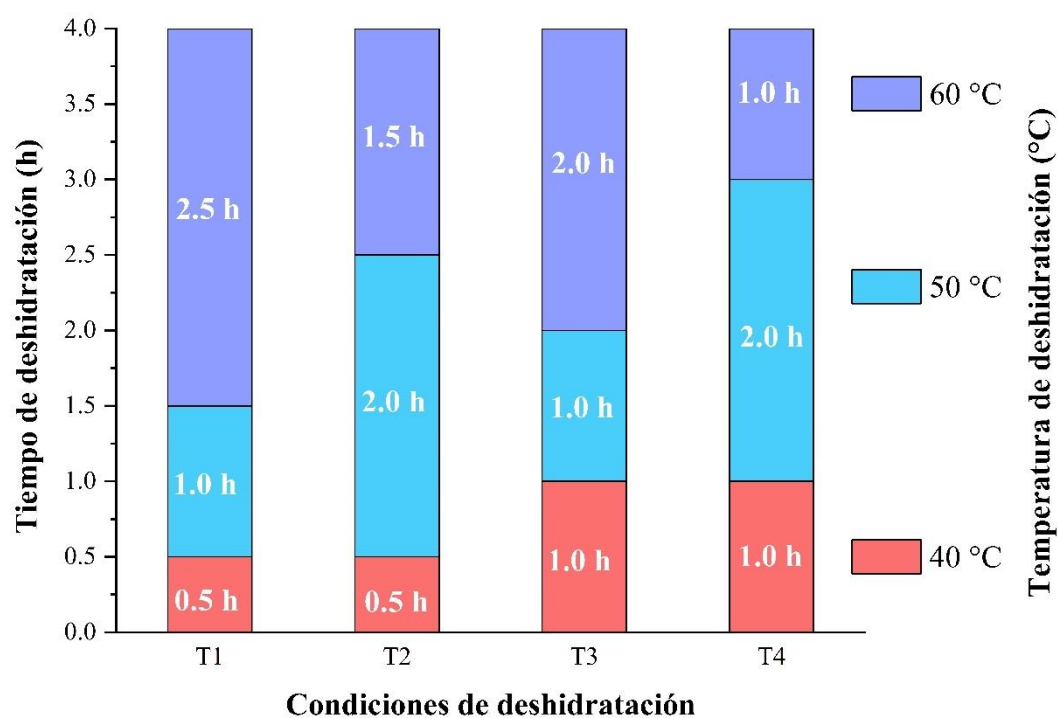
Después de cada tratamiento del marinado enzimático se midieron la fuerza de corte (Y₁) y la absorción del marinado (Y₂) en la carne de alpaca

3.6.2. Tratamiento de deshidratación de la carne marinada de alpaca

La carne de alpaca marinada con valores óptimos (concentración de papaína, concentración de NaCl y tiempo de marinado), se sometió a tres temperaturas de deshidratación por aire caliente en multietapas o gradiente. La temperatura de deshidratación se aumentó secuencialmente de 40 °C a 50 °C y 60 °C y con cuatro tratamientos (combinaciones de tiempo y temperatura de deshidratación) como se muestra en la [Figura 6](#) con un tiempo total de deshidratación de 4 h en cada condición (tratamientos) ([S. Shi, Feng, et al., 2021](#)). Había que alcanzar un contenido de humedad objetivo (< 20 % en base húmeda) al final de la deshidratación ([NTP 201.059, 2015](#)).

Figura 6

Configuración de condiciones de deshidratación por aire caliente en gradiente de carne de alpaca



Después de cada condición de deshidratación, se midieron la fuerza de corte, el color instrumental, el contenido de hierro hemo y pH de las tiras de jerky de alpaca.

3.7. METOLOGÍA EXPERIMENTAL

A continuación, se describe detalladamente las etapas de elaboración del jerky de alpaca y se presenta el diagrama de flujo en la [Figura 14](#).

a. Recepción: La pierna de alpaca se compró en el mercado local (Nery García, Huamanga) y se transportó a la planta piloto de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNSCH en un contenedor con una suspensión de hielo. La carne de alpaca fue recibida, y se verificaron su pH y peso.

Figura 7

Carne de alpaca fresca



b. Deshuesado y desgrasado: Se procedió al deshuesado de la carne de alpaca para remover el hueso. Luego, se realizó el desgrasado, eliminando el exceso de grasas visibles para obtener cortes magros y se quitó el tejido conectivo con un cuchillo afilado.

Figura 8

Deshuesado y desgrasado de la carne de alpaca



c. Congelación: La carne magra fue congelada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 12 h, para facilitar el fileteado.

d. Fileteado: La carne congelada fue cortada en filetes delgados con espesor de 5 mm. Este proceso se realizó con una rebanadora de carnes.

Figura 9

Fileteado de la carne de alpaca



e. Marinado enzimático: Se preparó el marinado para las tiras de carne con 0.5 % de esencia de carne, 1 % de comino, 0.1 % de pimienta, 2 % de pimentón y 75 % de agua (S. Shi, Feng, et al., 2021). Luego se añadieron los diferentes niveles de concentración de papaína, cloruro de sodio y se dejó marinar la carne de alpaca según la [Tabla 2](#). La solución marinada enzimática fue inyectada en los filetes, que luego se sumergieron en ella y se dejaron a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 10

Marinado de los filetes de carne de alpaca



f. Precocción: Los filetes marinados de carne de alpaca, se hirvieron hasta que la temperatura central de la carne alcanzó los 80 °C (Fan et al., 2024), seguido del drenaje del marinado y enfriamiento antes del tratamiento de deshidratación.

Figura 11

Precocción de carne de alpaca marinada



g. Deshidratación: Los filetes marinados y precocidos fueron deshidratados mediante el proceso de deshidratación por aire caliente en gradiente, como se muestra en la Figura 6, para obtener el jerky. Se colocaron en un deshidratador de bandejas, controlando la temperatura y el tiempo de deshidratación.

Figura 12

Unidad de deshidratación de la carne de alpaca



Se verificó que la humedad final del jerky de alpaca fuera inferior al 20 % en base húmeda en cada tratamiento.

h. Enfriado: El jerky se enfrió antes del envasado y se monitoreó la temperatura tanto del ambiente como del producto hasta alcanzar la temperatura de 18 °C.

Figura 13

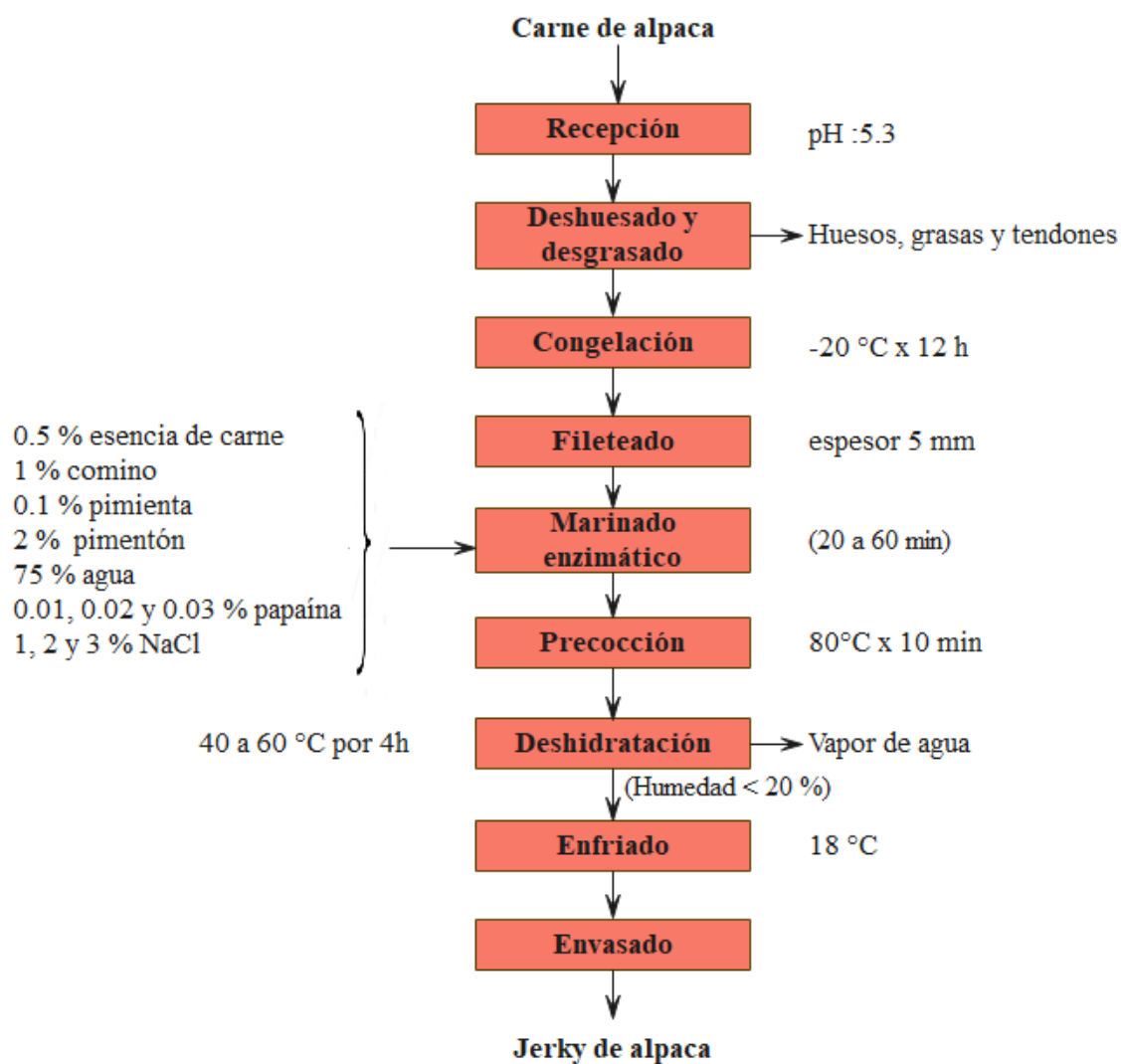
Enfriado del jerky de alpaca



i. Envasado: El jerky enfriado fue envasado en envases hermético (polietileno), se llenaron hasta 30 g y sellaron los envases.

Figura 14

Diagrama de flujo de proceso de elaboración del jerky de alpaca



3.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.8.1. Composición proximal

La cantidad de proteína y grasa en la carne fresca y el jerky de alpaca se determinó según la [NTP 201.021 \(2015\)](#) y [NTP 201.016 \(2015\)](#). El contenido de humedad y ceniza de las de la carne fresca y jerky de alpaca se determinó según el método de la [AOAC 2000](#); para ello, se utilizó método secado con aire caliente en estufa y el método de incineración seca en la mufla ([S. Shi, Zhao, et al., 2021](#)).

3.8.2. Características fisicoquímicas

El pH de la carne fresca y jerky de alpaca se midió según el método descrito por [Chen et al. \(2016\)](#) con una ligera modificación. Brevemente, se homogeneizó la muestra (10 g) en una licuadora con 90 ml de agua destilada y se midió a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C). El medidor de pH se calibró con soluciones tampón de pH 4 y pH 7, y posteriormente se midió el pH de las muestras.

La actividad de agua (a_w) de las muestras de jerky de alpaca se midió según el método descrito por [T. K. Kim et al. \(2020\)](#) con modificaciones. El jerky de alpaca se molieron hasta obtener polvo, luego se obtuvo el valor de la actividad del agua de las muestras por duplicado utilizando un medidor de actividad del agua (BT-RS1).

3.8.3. Fuerza de corte

La fuerza de corte (N) del jerky de alpaca se midió según el método descrito por [S. Shi, Zhao, et al. \(2021\)](#) con modificaciones, utilizando un analizador de textura (TA – XtplusC) con una hoja de cuchillo (A/MORS). La capacidad de la celda de carga era de 30 g máximo, la fuerza fue de 20 g y la velocidad de prueba fue de 0.3 mm/s.

3.8.4. Absorción de marinado

La absorción del marinado de muestras de carne se determinó de acuerdo con el método aplicado por ([Karatepe et al., 2023](#); [O'Neill et al., 2019](#)) con modificaciones. Se registró el peso inicial de la carne de alpaca cruda sin marinar. Luego, las carnes de alpaca se marinaron y almacenaron a 4 °C. Se dejaron escurrir durante 1 minuto para eliminar el

exceso de solución de marinado y posteriormente se volvieron a pesar para determinar la absorción del marinado en la carne de alpaca, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción de marinado (\%)} = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde, m_1 es el peso inicial (g) antes del marinado y m_2 es el peso final (g) después del marinado.

3.8.5. Contenido de hierro hemo

Se tomaron 2.5 g de carne deshidratada triturada en un vaso de precipitados de 100 ml, se agregaron 10 ml de acetona, 0.5 ml de agua destilada y 0.25 ml de HCl concentrado; se mezclaron completamente y se sellaron con bolsa film, luego se colocaron en la oscuridad durante 1 h; posteriormente, se filtró la mezcla y se midió la absorbancia del filtrado a 640 nm en un espectrofotómetro. El blanco se preparó con 80 % de acetona, 2 % de ácido clorhídrico y 18 % de agua destilada (Liu et al., 2022; S. Shi, Zhao, et al., 2021) . El contenido de hierro hemo en la carne deshidratada de alpaca se determinó mediante la ecuación:

$$H_e = A_{640} \times 680 \times 0.0882 \quad (2)$$

Donde: H_e es contenido de hierro hemo ($\mu\text{g/g}$), A_{640} es la absorbancia a 640 nm.

3.8.6. Color instrumental

El color instrumental del jerky de alpaca se midió utilizando un colorímetro ZE - 6000 según el método descrito por S. Shi, Zhao, et al. (2021). El colorímetro ZE-6000 tenía una fuente de luz D65, un observador de 10° con un área de medición de 8 mm de diámetro y un área de iluminación de 50 mm de diámetro. Antes de la medición, se realizó el blanco ($L^* = 95.26$, $a^* = 0.89$, $b^* = 1.18$) para calibrar el instrumento. Se seleccionaron tres ubicaciones diferentes para la muestra del jerky para medir los valores L^* , a^* y b^* .

3.8.7. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó según el método descrito por [S. Shi, Feng, et al. \(2021\)](#) con modificaciones, para ellos se sirvieron las muestras de jerky de alpaca a 20 panelistas semientrenados. Para la evaluación sensorial, se prepararon 240 muestras de tiras de jerky de alpaca (3 tiras de cecina x 4 tratamientos [condiciones de deshidratación por aire caliente en gradiente] x 20 panelistas). Una vez servidas, se pidió a los panelistas que evaluaran las muestras de jerky de alpaca en términos de 5 atributos subjetivos, como el color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general (en una escala de 1 - 10), como se presenta en la [Tabla 5](#).

Tabla 5

Criterios de evaluación sensorial del jerky de alpaca

Atributos	Criterios de evaluación sensorial		
	1 a 3	4 a 6	7 a 10
Color	marrón / negro	marrón/amarrillo	marrón/rojizo
Sabor	Amargo	Moderado	Agradable
Olor	Quemado	Moderado	Agradable
Textura	Duro	Moderado	Suave
Aceptación general	Me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho

Cada panelista se enjuagó la boca con agua mineral entre muestras de jerky de alpaca ([Fan et al., 2024](#)). Las evaluaciones se realizaron bajo luz normal a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C). Después de la evaluación sensorial se determinó las puntuaciones medias $\pm$ error estándar para cada atributo (color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general).

3.8.8. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó de acuerdo con los requisitos microbiológicos de la carne deshidratada de carne de alpaca en la Norma Técnica Peruana (NTP), que estipula el recuento de *Staphylococcus aureus* según [NTP201.034](#), *Clostridium prefringens* ([NTP 201.033](#)), *Salmonella sp* ([ISO 6579](#)).

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

El análisis estadístico de los datos experimentales del tratamiento de marinado fue procesado con el software Statgraphics V19. El modelo se determinó evaluando el coeficiente de correlación (R^2) obtenido del análisis de varianza (ANVA). El nivel de significancia se fijó en $p < 0.05$. La ecuación cuadrática del Diseño Box - Behnken que se muestra en la ecuación (4), se utilizó para minimizar la fuerza de corte y maximizar la absorción del marinado de la carne de alpaca:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (4)$$

Y es la variable de superficie fuerza de corte y absorción del marinado de la carne de alpaca; $\beta_0, \beta_i, \beta_{ii}$ y β_{ij} son los coeficientes de regresión correspondientes a las interacciones de intersección, lineal y cuadrática; X_i y X_j son variables independientes; y k es el número de factores analizados y optimizados en el experimento, y ε es error aleatorio

En el tratamiento de deshidratación se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) para el análisis de fuerza de corte, color instrumental, hierro hemo y pH del jerky de alpaca. La evaluación sensorial se realizó mediante el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Todas las muestras se repitieron al menos tres veces y los resultados finales se promediaron y expresaron como promedio $\pm$ error estándar del número de repeticiones, mediante el software Minitab V19. Se utilizó el análisis de varianza (ANVA) con la prueba de comparación múltiple de Tukey para evaluar los efectos en las muestras ($p < 0.05$).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición proximal y caracterización fisicoquímica de la carne de alpaca

Los resultados de la composición proximal de la carne de alpaca fresca se presentan en la [Tablas 6](#). La carne fresca de alpaca en este estudio presenta un contenido de humedad de 74.82 %. Estudios anteriores han reportado niveles similares de humedad (74%) en la carne de alpaca ([Popova et al., 2021](#)), ligeramente por encima del valor de humedad (73.22 %) reportado por ([Ponce, 2018](#)). Esta diferencia está influenciada por el contenido de grasa intramuscular y varían con la edad de los animales ([Popova et al., 2021](#)).

Tabla 6

Composición proximal de la carne de alpaca fresca

Componentes	Unidad	Valor
Humedad	%	74.82 ± 1.01
Proteína	%	21.36 ± 0.04
Grasa	%	2.08 ± 0.02
Ceniza	%	1.13 ± 0.11
Carbohidrato*	%	0.61 ± 0.08

(*) se determinó por diferencia

El contenido de proteína (21.36%) obtenido en este estudio es ligeramente inferior al valor reportado por ([Popova et al., 2021](#)) de 22.12 % y por ([Popova et al., 2021](#)) de 23 %, pero mayor que el de la carne de cordero (19.5 %) o cabra (19 %), y similar al de la carne de res (21.8 %) ([Cruz et al., 2024](#)). El contenido de grasa intramuscular (2.08 %)

obtenido en este estudio es superior al 1.98 % valor encontrado por (Ponce, 2018), mayor a 1 % que el reportado por (Smith et al., 2017); pero menor al 4 % registrados por (Popova et al., 2021) y 3 % por (Biffin et al., 2019). Esta variabilidad puede atribuirse a la ubicación de las grasas en diferentes músculos, la edad de las alpacas, la calidad nutricional de los pastos, la ubicación geográfica y la variación genética (Biffin et al., 2019; Smith et al., 2017).

La cantidad de ceniza encontrada en este estudio (1.13 %), es mayor que el valor del 0.88 % reportado por (Ponce, 2018), pero menor que el valor del 2.5 % registrado por (Popova et al., 2021). Esta diferencia puede atribuirse a la composición mineral de los pastos (Popova et al., 2021).

Los resultados de las características fisicoquímicas de la carne de alpaca fresca se presentan en las Tablas 7.

Tabla 7

Características fisicoquímicas de la carne alpaca fresca

Características	Unidad	Valor
pH	--	5.30 ± 0.02
Fuerza de corte	N	46.05
Humedad/proteína	--	3.50

En este estudio, se obtuvo un pH de 5.30 para la carne fresca de alpaca, el cual es inferior al nivel medio de pH de 5.6 reportado por (Salvá et al., 2009). Esto sugiere que la carne de alpaca con este pH es adecuada para su procesamiento, como señalaron (Mishra et al., 2017).

La fuerza de corte medida en este estudio fue de 46.05 N para la carne fresca de alpaca. Estudios anteriores indican que la carne de alpaca de Puno, Cusco y Arequipa presentan valores de fuerza de corte con previa cocción, entre 4.7 - 6.06 N (Polidori et al., 2007; Salvá et al., 2009). Otro estudio reciente reporta valores más altos, entre 40 - 59 N, indicando una menor ternura en la carne de alpaca (Cruz et al., 2024). Los resultados pueden haber variado debido a diferentes métodos de medición o a la edad de los animales (Popova et al., 2021).

La relación entre el contenido de humedad y proteínas en la carne de alpaca se obtuvo como 3.50, valor similar al 3.26 determinado por (Salvá et al., 2009). Esto indica que la carne contiene más agua en comparación con la cantidad de proteína, lo cual puede influir en su textura, jugosidad y estabilidad.

4.2. Optimización de fuerza de corte y absorción del marinado de carne de alpaca

4.2.1. Fuerza de corte de la carne de alpaca marinado

En la [Tabla 8](#), se presenta los resultados de la fuerza de corte (N) en muestras de carne de alpaca tratadas con papaína, NaCl y tiempos de marinado.

Tabla 8

Resultados de la fuerza de corte de carne de alpaca marinado con diferentes combinaciones de tratamientos, aplicando el diseño Box - Behnken

Tratamientos	Factores codificados			Niveles reales de los factores			Variable de respuesta
	A	B	C	Papaína (%)	NaCl (%)	Tiempo de marinado (min)	Fuerza de corte (N)
1	0	0	0	0.02	2	40	16.68
2	-1	-1	0	0.01	1	40	22.98
3	+1	-1	0	0.03	1	40	19.05
4	-1	+1	0	0.01	3	40	21.50
5	0	0	0	0.02	2	40	16.68
6	+1	+1	0	0.03	3	40	18.60
7	-1	0	-1	0.01	2	20	25.12
8	+1	0	-1	0.03	2	20	24.01
9	0	0	0	0.02	2	40	16.68
10	-1	0	+1	0.01	2	60	27.01
11	+1	0	+1	0.03	2	60	20.09
12	0	-1	-1	0.02	1	20	26.05
13	0	0	0	0.02	2	40	16.68
14	0	+1	-1	0.02	3	20	20.42
15	0	-1	+1	0.02	1	60	19.51
16	0	+1	+1	0.02	3	60	20.32
17	0	0	0	0.02	2	40	16.68

En la [Tabla 8](#), los tratamientos (T₁, T₅, T₉, T₁₃ y T₁₇) presentan la menor fuerza de corte (16.68 N) en la carne de alpaca marinada, utilizando una concentración de papaína del 0.02 %, 2 % de NaCl durante 40 minutos de marinado. Por otro lado, el tratamiento

(T₁₀) muestra una mayor fuerza de corte (27.01 N) con una concentración de 0.01 % de papaína, 2 % de NaCl y un tiempo de marinado de 60 minutos.

Tabla 9

Análisis de varianza para la fuerza de corte de la carne de alpaca marinado

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Papaína	27.6025	1	27.6025	49.79	0.0002
B: NaCl	5.69531	1	5.69531	10.27	0.0150
C: Tiempo de marinado	9.39611	1	9.39611	16.95	0.0045
AA	42.2444	1	42.2444	76.20	0.0001
AB	0.265225	1	0.265225	0.48	0.5114
AC	8.43903	1	8.43903	15.22	0.0059
BB	1.97568	1	1.97568	3.56	0.1010
BC	10.3684	1	10.3684	18.70	0.0035
CC	74.6278	1	74.6278	134.62	0.0000
Error total	3.88053	7	0.554361		
Total (corr.)	193.848	16			

En la [Tabla 9](#), el análisis de la ANVA muestra que los términos A, B, C, AC, BC, A² y C² fueron significativos, lo que indica que estadísticamente afecta sobre la fuerza de corte de la carne de alpaca ($p < 0.05$). Los términos AB y B² no tienen efectos significativos ($p > 0.05$). Los valores de R² (0.9799) y R² ajustado (0.9542) indican una correlación significativa entre los datos experimentales de fuerza de corte, ya que ambos están cercanos a 1.

A continuación, se presenta la ecuación cuadrática que expresa la relación entre la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada (Y₁) y la concentración de papaína (A), concentración de NaCl (B) y tiempo de marinado (C):

$$\text{Fuerza de corte (Y}_1\text{)} = 58.16 - 1213.75A - 7.31875B - 0.911938C + 31675.0A^2 + 25.75AB - 7.2625AC + 0.685B^2 + 0.0805BC + 0.010525C^2 \quad (5)$$

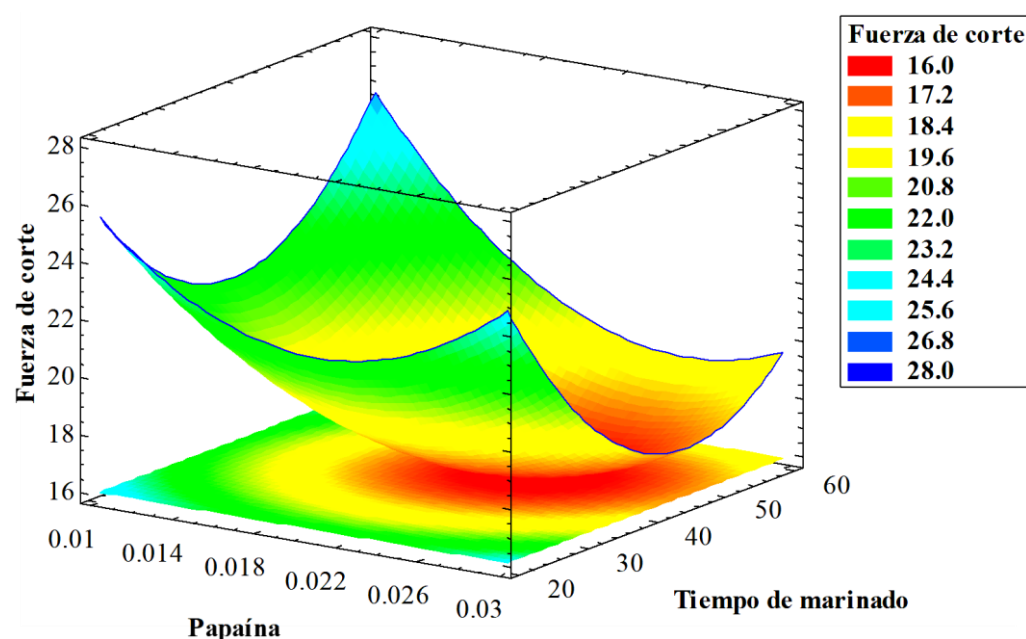
Según la ecuación (5), el término constante (58.16) no se vio afectado por ningún variables o combinación de variables. Los coeficientes negativos para los términos lineales A (-1213.75), B (-7.31875) y C (-0.911938) indican que un aumento en la concentración de papaína, NaCl o el tiempo de marinado reduce la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada. Los coeficientes positivos para los términos cuadráticos A² (31675.0), B² (0.685) y C² (0.010525) indican efectos no lineales que aumentan la fuerza

de corte cuando estos factores aumentan. Los coeficientes de interacción **AB** (25.75) tienen un efecto combinado positivo, aumentando la fuerza de corte; **AC** (-7.2625) tienen un efecto combinado negativo, disminuyendo la fuerza de corte; y **BC** (0.0805) tienen un efecto combinado ligeramente positivo.

Las Figuras 15 a 20 muestran los gráficos de superficie de respuesta (en 3D) y los gráficos de contornos (en 2D), generados mediante el software Statgraphics a partir de la ecuación (5).

Figura 15

Gráfica de superficie de respuesta (fuerza de corte de carne de alpaca marinada) de la interacción entre el tiempo de marinado y la papaína

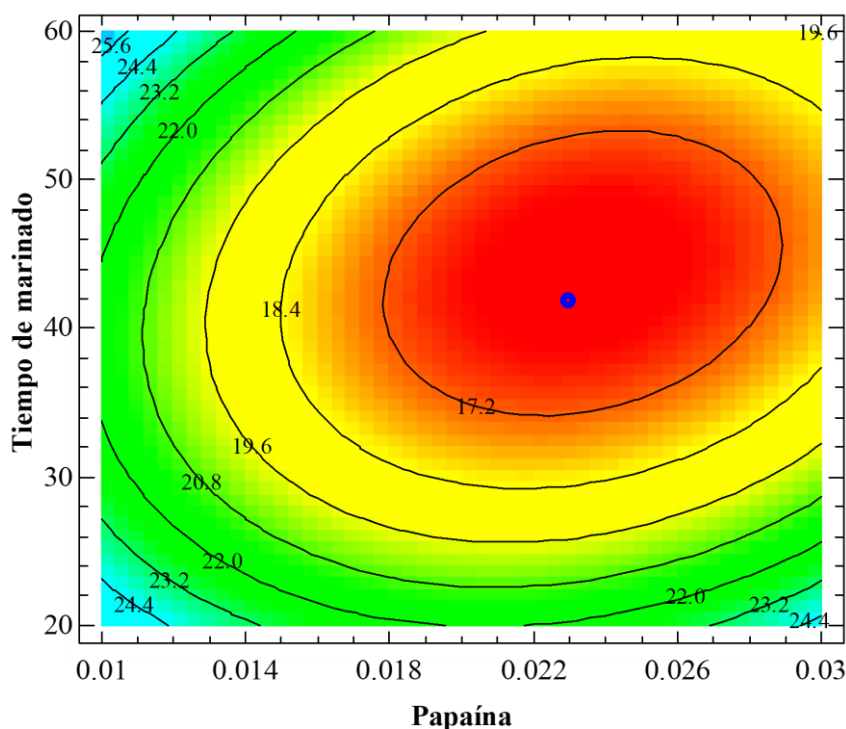


En la Figura 15 se observa que la fuerza de corte de la carne de alpaca disminuye significativamente desde 26 N hasta alrededor de 16 N con el incremento del tiempo de marinado (20 – 40 min) y la concentración de papaína (0.01 – 0.022 %); se puede decir que la papaína ha tenido más tiempo para descomponer las proteínas musculares; mientras más allá de estos valores, no hay una reducción significativa de la fuerza de corte, lo que indica una posible saturación de la papaína o completa descomposición de las proteínas. Estudios anteriores han demostrado que la terneza de la carne mejora debido a la fragmentación de las proteínas miofibrilares y del tejido conectivo por la acción de la enzima papaína (Barekat y Soltanizadeh, 2017). Esta reducción en la fuerza de corte de

la carne de alpaca también se debe a la técnica de marinado utilizada en nuestro estudio, que incluyó la inmersión e inyección del marinado con papaína; métodos que han demostrado ser igualmente eficientes en estudios previos (H. Zhang et al., 2023). El aumento de la fuerza de corte se atribuye a la adición excesiva de papaína, que reduce la capacidad de retención de agua y provoca deshidratación celular en la carne (Ma et al., 2019).

Figura 16

Gráfica de contorno del tiempo de marinado y la papaína sobre la fuerza de corte de carne de alpaca marinada

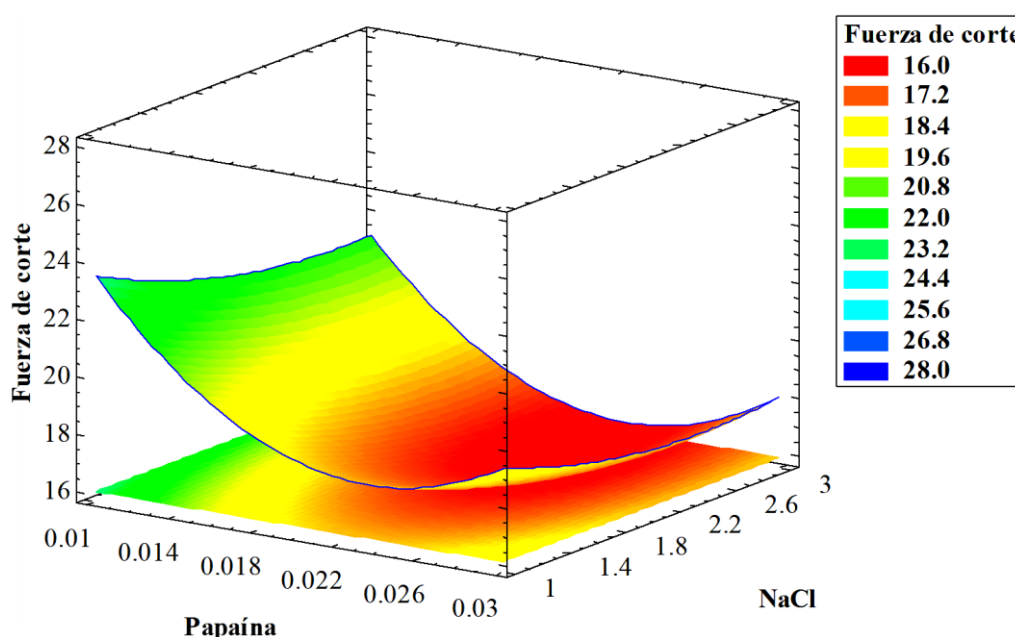


La Figura 16 muestra que, en la región central roja, la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada es menor a 17.2 N, lo cual indica una mayor ternura. A medida que se aleja de la zona roja hacia las zonas amarilla, verde y celeste, la fuerza de corte aumenta (17.2 a 25.6 N), lo que indica un mayor esfuerzo al corte y menor ternura de la carne de alpaca marinada. En estudios anteriores demostraron una reducción significativa en la fuerza de corte cuando la carne fue tratada con papaína, con valores más bajos (7.8 N), lo que resultó en un mayor ternura del producto cárnico (Abdel y Mohamed, 2016); este valor fue menor que la fuerza de corte observada en la carne de alpaca en nuestro estudio. También se encontró una reducción en la fuerza de corte al agregar hasta un 0.3%

de papaína en la carne, lo que mejoró la ternura del producto cárnico (Botinestean et al., 2021); en nuestro estudio, la fuerza de corte también se redujo al añadir papaína en el marinado, con concentraciones menores que variaron entre 0.022 a 0.026 %.

Figura 17

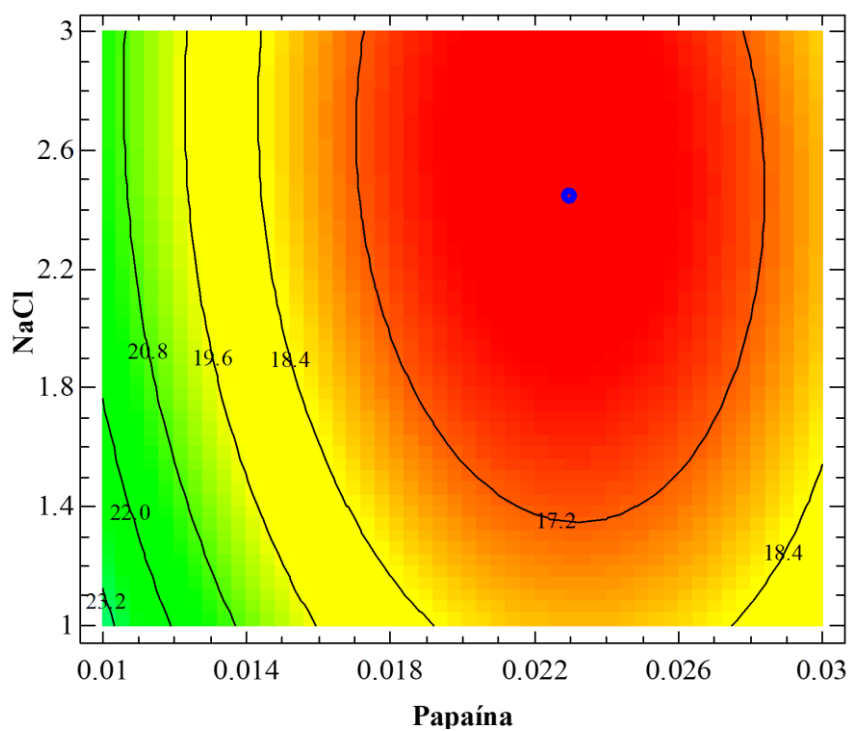
Gráfica de Superficie de Respuesta (Fuerza de Corte de Carne de Alpaca Marinada) de la Interacción entre el NaCl y la Papaína



En la [Figura 17](#), se muestra que, con una mayor concentración de NaCl, la fuerza de corte tiende a disminuir cuando la concentración de papaína también aumenta. Los valores más bajos de fuerza de corte, alrededor de 16 N, se encuentran cuando la concentración de NaCl es alrededor de 2.5% y la concentración de papaína está en 0.022%. Una vez que ambas concentraciones de NaCl y papaína alcanzan ciertos niveles, la fuerza de corte no disminuye significativamente, significa que el NaCl y la papaína han dejado de interactuar de manera combinada en la reducción de la fuerza de corte de la carne de alpaca. El NaCl penetra solo una pequeña fracción del tejido conectivo lo que impide la difusión del marinado (Y. Shi et al., 2023).

Figura 18

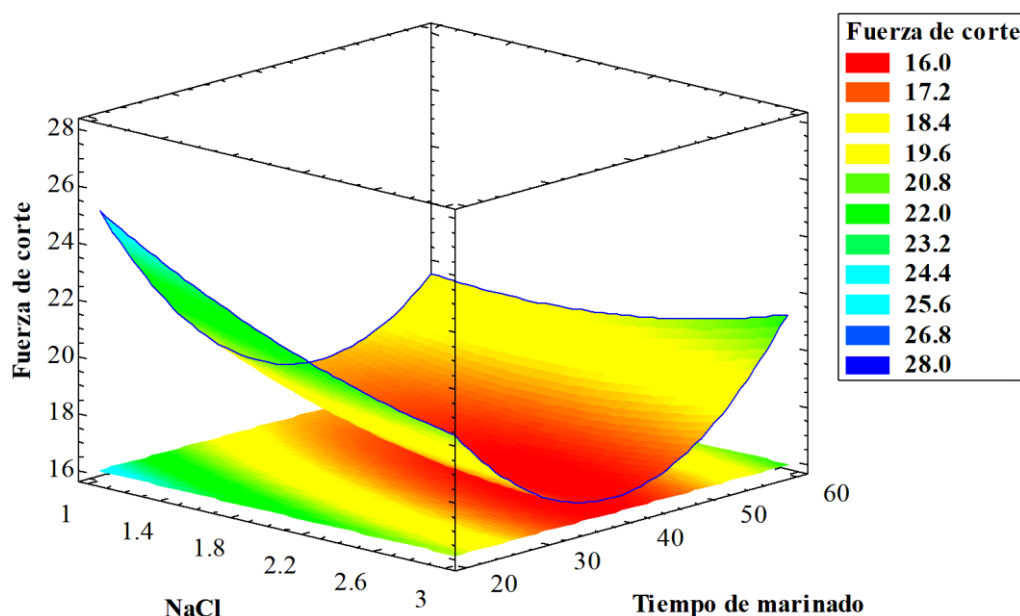
Gráfica de contorno del NaCl y la papaína sobre la fuerza de corte de carne de alpaca marinada



En la [Figura 18](#), en la zona roja central, la fuerza de corte es de alrededor de 17.2 N; los valores numéricos indican que la fuerza de corte aumenta a medida que se aleja del centro de 18.4 a 23.2 N.

Figura 19

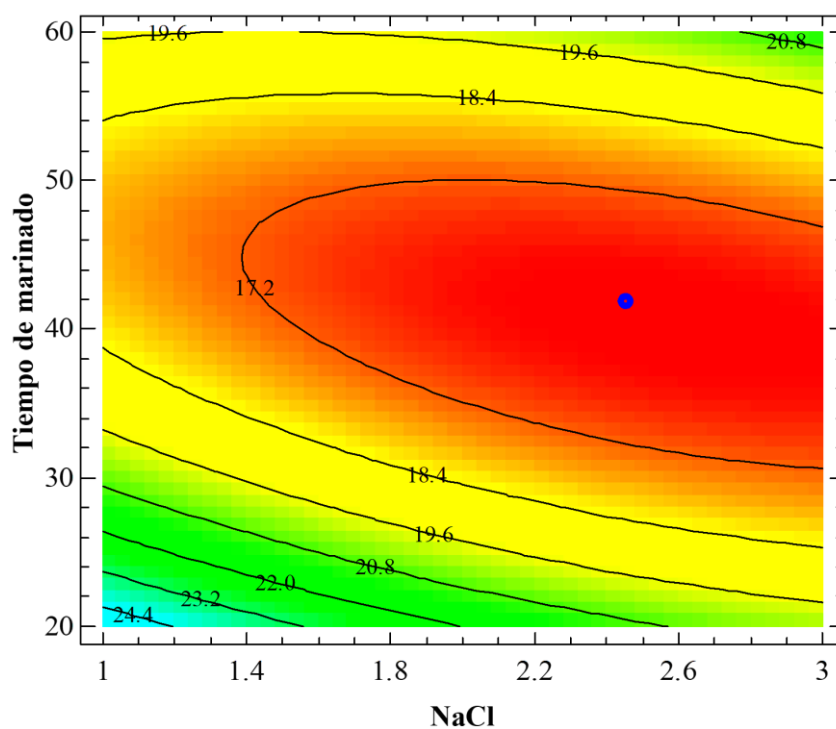
Gráfica de Superficie de Respuesta (Fuerza de Corte de Carne de Alpaca Marinada) de la Interacción entre el Tiempo de Marinado y NaCl



La [Figura 19](#) muestra que, con una mayor concentración de NaCl, la fuerza de corte tiende a disminuir cuando el tiempo de marinado también aumenta. Los valores más bajos de fuerza de corte, alrededor de 16 N, se encuentran cuando la concentración de NaCl es alrededor de 1.8 % y el tiempo de marinado está en 30 min; una vez que la concentración de NaCl y tiempo de marinado alcanzan ciertos niveles, la fuerza de corte no disminuye significativamente. Una concentración excesiva de NaCl mayor a 5.8 % en el marinado puede provocar la oxidación y la desintegración de la proteína muscular de la carne ([Astruc et al., 2018](#))

Figura 20

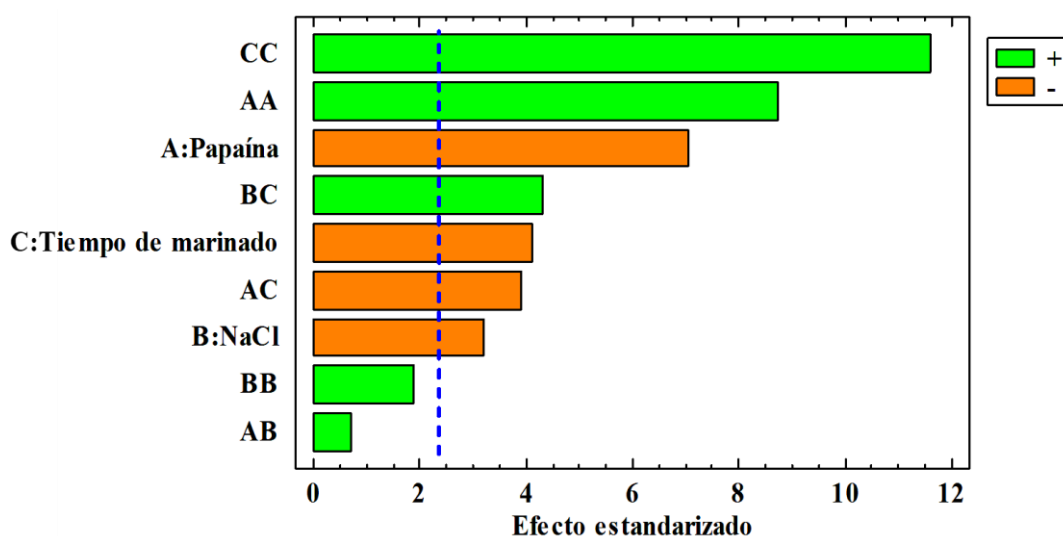
Gráfica de contorno del tiempo de marinado y NaCl sobre la fuerza de corte de carne de alpaca marinada



En la [Figura 20](#), la zona central roja indica una fuerza de corte mínima de alrededor de 17.2 N; los valores numéricos en los contornos muestran un incremento de la fuerza de corte al alejarse de la zona central de 18.4 a 24.4 N.

Figura 21

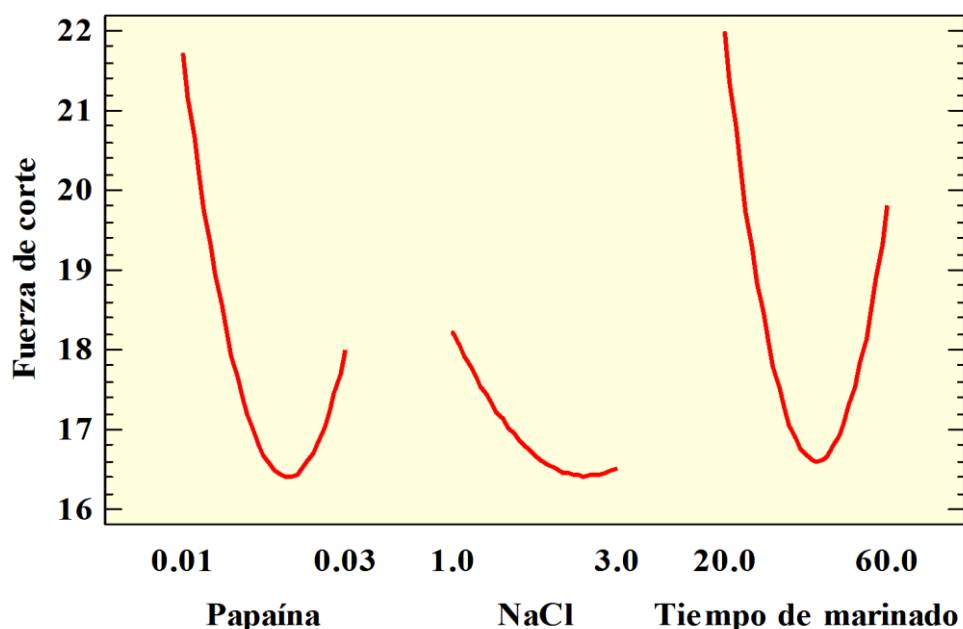
Diagrama de Pareto Estandarizada para Fuerza de corte (N) de la carne de alpaca marinada



En la [Figura 21](#), el diagrama de Pareto estandarizado muestra la significancia estadística de los efectos y las interacciones entre las variables sobre la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada. Las barras verdes representan efectos positivos y las naranjas efectos negativos, mientras que la línea vertical azul punteada indica el nivel de significancia. Los efectos cuadráticos (C^2) y (A^2) son los más significativos y positivos. Los efectos principales A , B y C también son significativos. Las interacciones BC y AC tienen un efecto más pequeño pero significativo. Los términos B^2 y AB no son significativos para la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada.

Figura 22

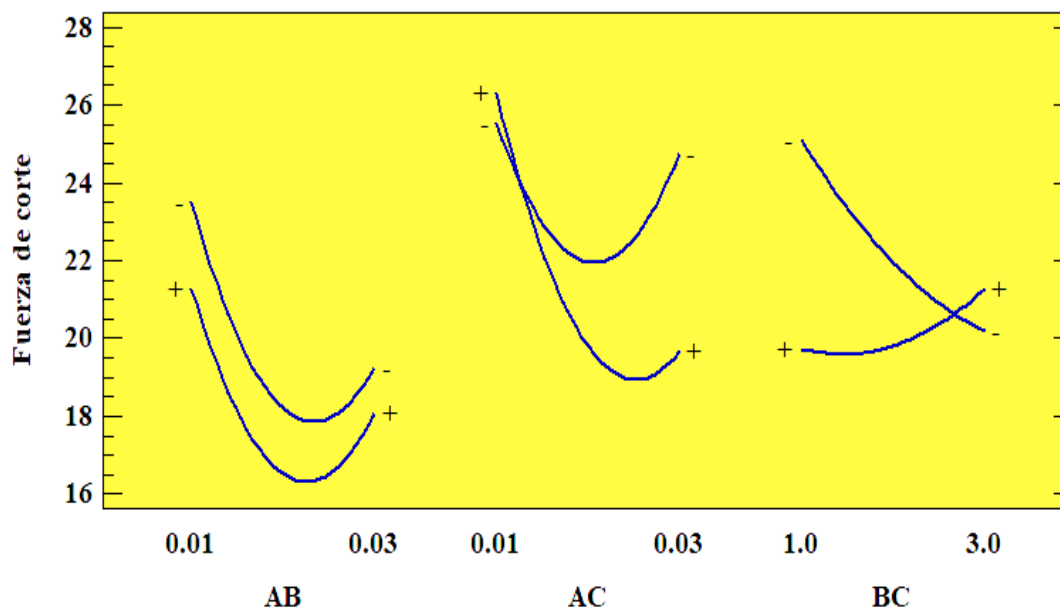
Gráfica de efectos principales (papaína, NaCl y tiempo de marinado) sobre la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada



En la [Figura 22](#), se muestra el efecto individual de cada una de las tres variables (papaína, NaCl y tiempo de marinado) sobre la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada. A concentraciones más bajas de papaína (0.01 %), la fuerza de corte aumenta alrededor de 21 N; en cambio, cuando la concentración de papaína aumenta hasta 0.03 %, la fuerza de corte disminuye considerablemente, alrededor de 16 N, y luego aumenta ligeramente nuevamente. A concentraciones más bajas de NaCl (1 %), la fuerza de corte es moderadamente baja; a medida que la concentración de NaCl aumenta hasta 3%, la fuerza de corte disminuye y luego se mantiene relativamente constante. Para tiempos de marinado más cortos (20 minutos), la fuerza de corte es alta; a medida que el tiempo de marinado aumenta hasta 60 minutos, la fuerza de corte disminuye inicialmente y luego vuelve a aumentar. Las caídas y aumentos en las curvas indican cómo cada factor por sí solo afecta la fuerza de corte en la carne de alpaca.

Figura 23

Gráfica de interacción (papaína -NaCl, papaína -tiempo de marinado y NaCl - tiempo de marinado) sobre la fuerza de corte de la carne de alpaca marinada



En la [Figura 23](#), se muestra las gráficas de las interacciones entre las variables de cómo afectan la fuerza de corte. La papaína reduce la fuerza de corte sin importar la concentración de NaCl, pero el efecto es más notable a altas concentraciones de papaína (0.03 %) que a concentraciones bajas (0.01 %); esto significa que el efecto de la papaína sobre la fuerza de corte es independiente de la concentración de NaCl. A bajas concentraciones de papaína (0.01 %), la fuerza de corte es alto con el tiempo de marinado, pero a mayores concentraciones de papaína (0.03 %), la fuerza de corte disminuye y luego aumenta con el tiempo de marinado; esto indica que el efecto del tiempo de marinado sobre la fuerza de corte depende de la concentración de papaína. En bajas concentraciones de NaCl (1 %), la fuerza de corte es alto con el tiempo de marinado, mientras que a mayores concentraciones de NaCl (3 %), la fuerza de corte disminuye ligeramente con el tiempo de marinado; esto indica que el efecto del tiempo de marinado sobre la fuerza de corte depende de la concentración de NaCl.

4.2.2. Absorción del marinado de carne de alpaca

En la [Tabla 10](#), se presenta los resultados de la absorción del marinado (%) en muestras de carne de alpaca tratadas con diferentes concentraciones de papaína, NaCl y diferentes tiempos de marinado.

Tabla 10

Resultados de la absorción del marinado en la carne de alpaca con diferentes combinaciones de tratamientos, aplicando el diseño Box-Behnken

Tratamientos	Factores codificados			Niveles reales de los factores			Variable de respuesta
	A	B	C	Papaína (%)	NaCl (%)	Tiempo de marinado (min)	Absorción del marinado (%)
1	0	0	0	0.02	2	40	29.11
2	-1	-1	0	0.01	1	40	14.35
3	+1	-1	0	0.03	1	40	15.50
4	-1	+1	0	0.01	3	40	15.90
5	0	0	0	0.02	2	40	29.11
6	+1	+1	0	0.03	3	40	16.21
7	-1	0	-1	0.01	2	20	22.74
8	+1	0	-1	0.03	2	20	12.51
9	0	0	0	0.02	2	40	29.11
10	-1	0	+1	0.01	2	60	12.93
11	+1	0	+1	0.03	2	60	31.88
12	0	-1	-1	0.02	1	20	10.86
13	0	0	0	0.02	2	40	29.11
14	0	+1	-1	0.02	3	20	14.24
15	0	-1	+1	0.02	1	60	13.86
16	0	+1	+1	0.02	3	60	12.25
17	0	0	0	0.02	2	40	29.11

En la [Tabla 10](#), el tratamiento (T₁₁) muestra la mayor absorción de marinado (31.88 %) en la carne de alpaca, realizada con una concentración de papaína del 0.03 %, 2 % NaCl y 60 min de marinado de la carne de alpaca. En cambio, en el tratamiento (T₁₂) la absorción del marinado fue menor (10.86 %) a una concentración de 0.02 % de papaína, 1 % NaCl y 20 min de marinado de la carne de alpaca.

Tabla 11*Análisis de varianza para la absorción del marinado en la carne de alpaca*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Papaína	12.9541	1	12.9541	5.76	0.0475
B: NaCl	2.03011	1	2.03011	0.90	0.3739
C: Tiempo de marinado	13.9656	1	13.9656	6.20	0.0415
AA	43.2169	1	43.2169	19.20	0.0032
AB	0.1764	1	0.1764	0.08	0.7876
AC	212.868	1	212.868	94.57	0.0000
BB	456.835	1	456.835	202.96	0.0000
BC	6.22503	1	6.22503	2.77	0.1403
CC	146.134	1	146.134	64.92	0.0001
Error total	15.7563	7	2.2509		
Total (corr.)	967.426	16			

En la [Tabla 11](#), el análisis de la ANVA muestra que los términos A, C, AC, A², B² y C² fueron significativos, lo que indica que estadísticamente afecta sobre la absorción del marinado en la carne de alpaca ($p < 0.05$). Los términos B, AB y BC no tienen efectos significativos ($p > 0.05$). Los valores de R² (0.9837) y R² ajustado (0.9628) indican una correlación significativa entre los datos experimentales de la absorción del marinado, ya que están próximos a 1.

La siguiente ecuación expresa la relación entre la absorción del marinado en la carne de alpaca (%) y la concentración de papaína (A), concentración de NaCl (B) y el tiempo de marinado (C), mediante la ecuación de regresión:

$$\text{Absorción del marinado (\%)} = -31.78 - 8.25A + 45.0838B + 0.639563C - 32037.5A^2 - 21.0AB + 36.475AC - 10.4163B^2 - 0.062375BC - 0.0147281C^2 \quad (6)$$

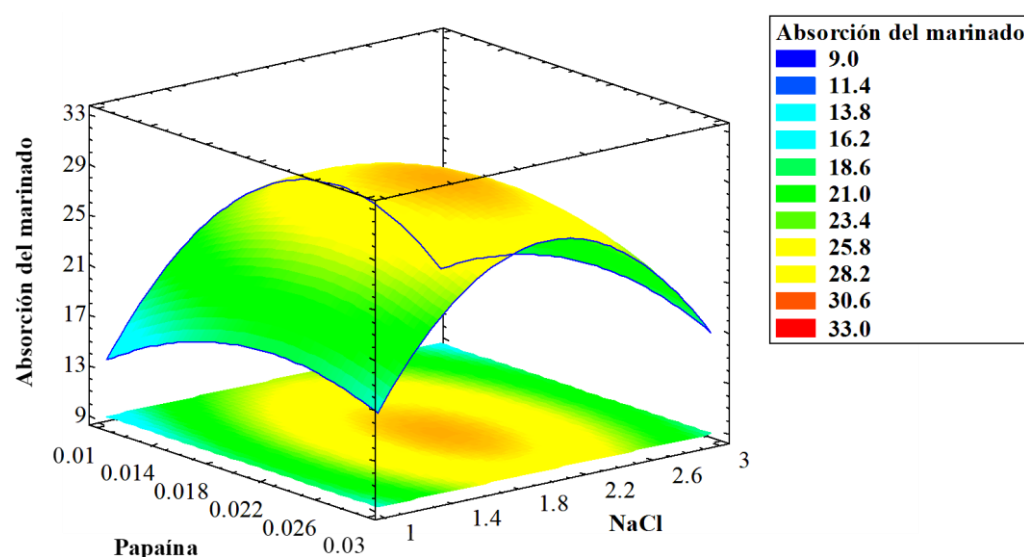
Según la ecuación (6), la constante -31.78 representa la absorción del marinado en la carne de alpaca cuando no se vio afectado por ningún factor o interacciones de factores. Los términos lineales, como la concentración de papaína A (-8.25) disminuye la absorción del marinado, mientras que la concentración de NaCl B (45.0838) la incrementa, y el tiempo de marinado C (0.639563) también la aumenta ligeramente. Los términos cuadráticos indican relaciones no lineales A² (-32037.5), B² (-10.4163) y C² (-0.0147281) indican que aumentar A, B y C más allá de ciertos puntos disminuye la absorción del marinado. Las interacciones entre AB (-21.0) disminuyen la absorción del

marinado, entre AC (36.475) la aumentan, y entre BC (-0.062375) la disminuyen ligeramente.

Las Figuras 24 a 29 muestran los gráficos de superficie de respuesta (en 3D) y los gráficos de contornos (en 2D), generados mediante el software Statgraphics a partir de la ecuación (6).

Figura 24

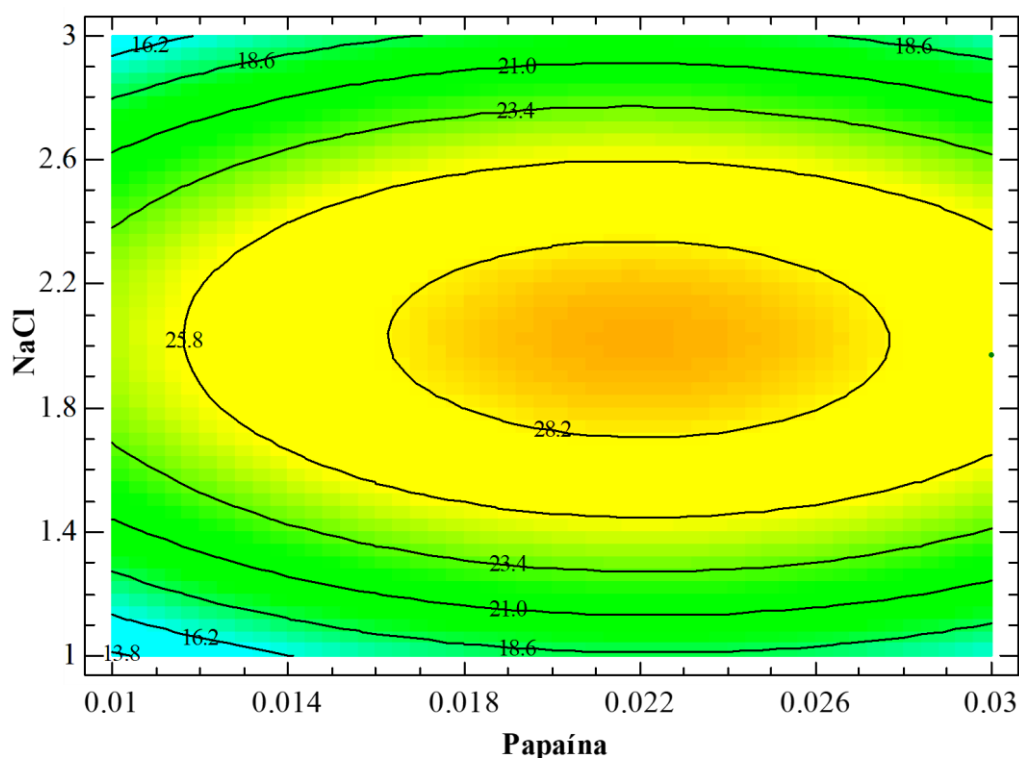
Gráfica de superficie de respuesta (fuerza de corte de carne de alpaca marinada) de la interacción entre el NaCl y la papaína



En la Figura 24, la absorción del marinado tiende a aumentar con un incremento en la concentración de NaCl. En cuanto a la papaína, hay un valor óptimo donde la absorción del marinado es máxima, más allá del cual la absorción disminuye. Con una concentración de papaína (0.015 %) y NaCl (2.0 %), la absorción del marinado es aproximadamente del 21 %. Con una concentración de papaína (0.02 %) y NaCl (2.5 %), la absorción del marinado alcanza un valor máximo de aproximadamente el 28 %. Sin embargo, con una concentración de papaína (0.03 %) y NaCl (1.5 %), la absorción del marinado es menor, alrededor del 16 %. En estudios anteriores aplicaron marinado con especias por inmersión, obtuvieron 3.3 a 4.4 % de absorción en la carne (Tkacz et al., 2021). Entonces se puede decir que nuestros resultados son superiores, lo cual depende del tipo, técnica, los ingredientes y la dosificación del marinado.

Figura 25

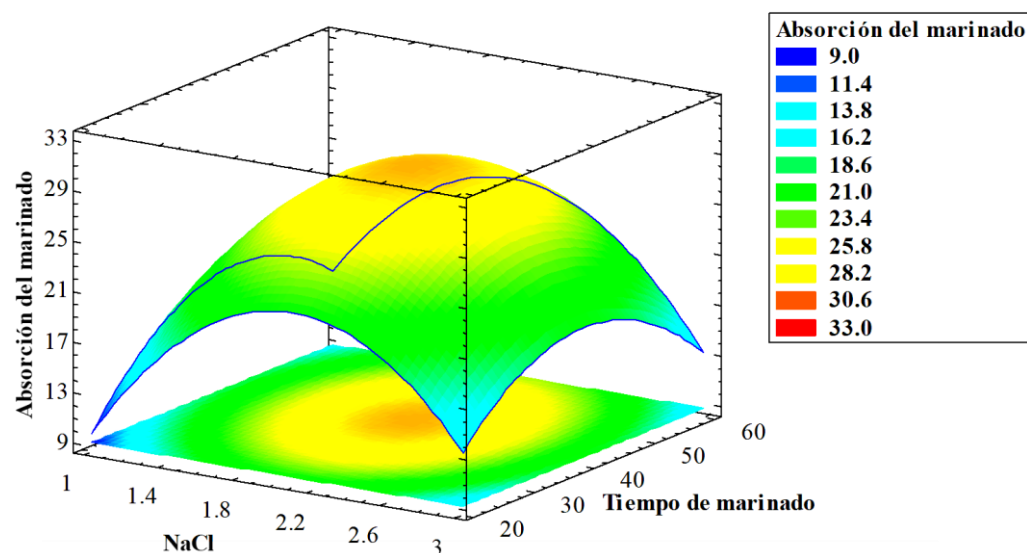
Gráfica de contorno del NaCl y la papaína sobre absorción del marinado en la carne de alpaca



En la [Figura 25](#), la máxima absorción del marinado se ubica en el centro de la gráfica, alrededor del 28.2 %, y se encuentra en el rango medio de concentración de 2.2 % NaCl y 0.022 % de papaína. A medida que se aleja de este punto central, la absorción del marinado en la carne de alpaca disminuye.

Figura 26

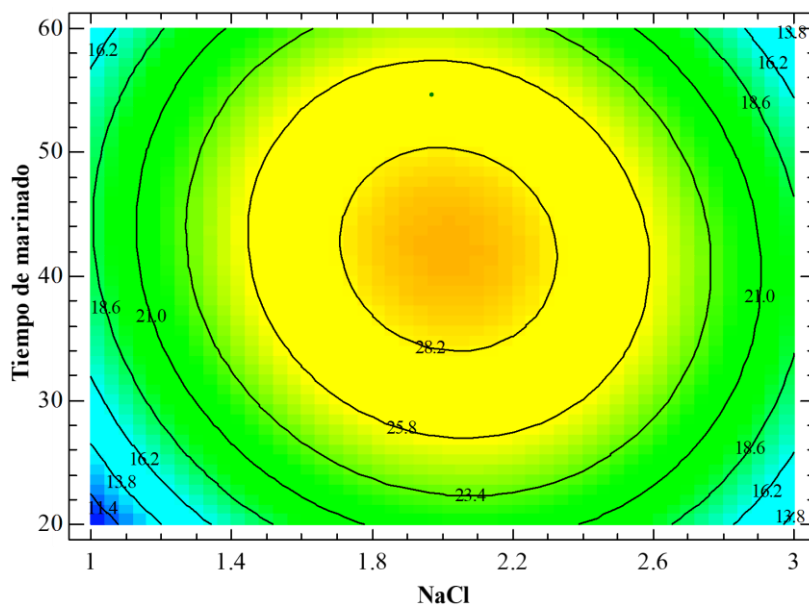
Gráfica de superficie de respuesta (fuerza de corte de carne de alpaca marinada) de la interacción entre el tiempo de marinado y NaCl



En la [Figura 26](#), la absorción del marinado aumenta con el tiempo de marinado y la concentración de NaCl. Hay un punto donde la absorción es máxima, y luego disminuye ligeramente con incrementos adicionales en una de las variables. Con una concentración de NaCl de 1.5 % y un tiempo de marinado de 30 min, la absorción del marinado es aproximadamente del 18 %. Con una concentración de NaCl de 2.5 % y un tiempo de marinado de 45 min, la absorción del marinado es máxima, alrededor del 30 %. Con una concentración de NaCl de 3 % y un tiempo de marinado de 60 min, la absorción del marinado es menor, alrededor del 25 %. En estudios previos se utilizó marinado ácido (jugo de kiwi y limón) por inmersión en carne de pollo, alcanzando un valor máximo del 10.75 % de absorción del marinado ([Çimen et al., 2024](#)). Los valores altos de absorción del marinado indican hinchazón y una mejor extracción de proteínas miofibrilares, lo cual está relacionado con un aumento en el NaCl ([Prejsnar et al., 2023](#)). Se puede explicar que nuestros resultados de absorción del marinado son de mayor rendimiento debido al tipo de carne, la técnica y el tipo de marinado utilizado.

Figura 27

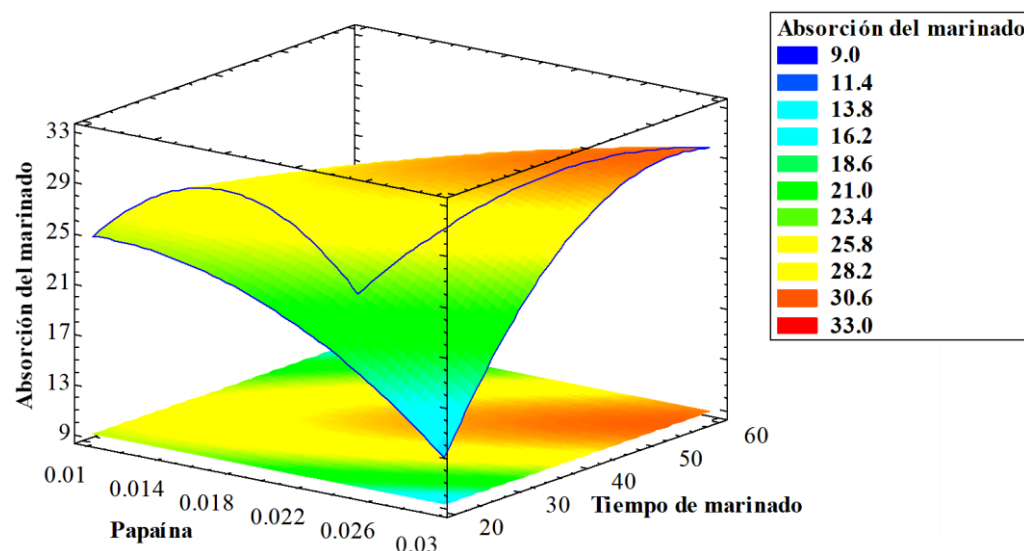
Gráfica de contorno del tiempo de marinado y NaCl sobre absorción del marinado en la carne de alpaca



En la [Figura 27](#), se observa que la máxima absorción del marinado se encuentra en el rango medio de concentración de 2.0 % de NaCl y 40 minutos de marinado, mostrando una absorción alrededor del 28.2 %. La absorción disminuye notablemente a medida que cualquiera de las variables disminuye.

Figura 28

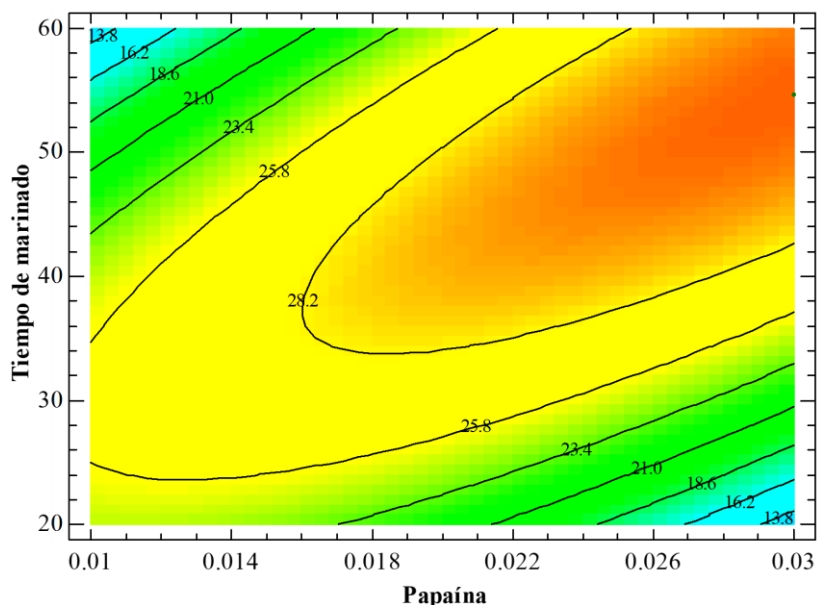
Gráfica de superficie de respuesta (fuerza de corte de carne de alpaca marinada) de la interacción entre el tiempo de marinado y la papaína



En la [Figura 28](#), se muestra que la absorción del marinado aumenta con el tiempo de marinado y la concentración de papaína hasta cierto punto. Después de este punto, la absorción disminuye, lo que indica un efecto de saturación o posible desnaturalización de proteínas debido al exceso de papaína. Con una concentración de papaína del 0.015 % y un tiempo de marinado de 40 min, la absorción del marinado es aproximadamente del 20 %. Con una concentración de papaína del 0.025 % y un tiempo de marinado de 50 minutos, la absorción del marinado es máxima, alrededor del 29 %. Con una concentración de papaína del 0.03 % y un tiempo de marinado de 60 min, la absorción del marinado es menor, alrededor del 23 %. La absorción del marinado es debido la transferencia de solutos (sal, especias, agua y otros aditivos) desde el marinado hacia la carne ([Y. Shi et al., 2023](#)). Estudios anteriores mencionan que el aumento de la ternura de la carne durante el marinado se debe a la absorción del marinado por el tejido muscular y a cambios en las proteínas musculare ([Tkacz et al., 2021](#)).

Figura 29

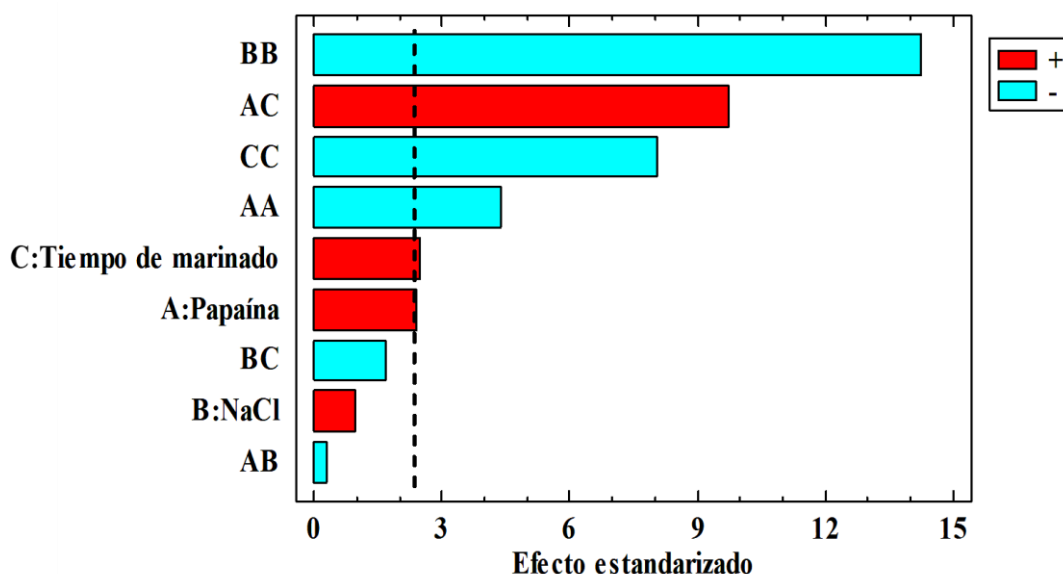
Gráfica de contorno del tiempo de marinado y papaína sobre absorción del marinado en la carne de alpaca



En la [Figura 29](#), se observa que la máxima absorción se encuentra aproximadamente a los 50 minutos de marinado, con una concentración de papaína de alrededor del 0.026 %. Se nota que un tiempo de marinado más prolongado y una concentración adecuada de papaína resultan en una mayor absorción del marinado.

Figura 30

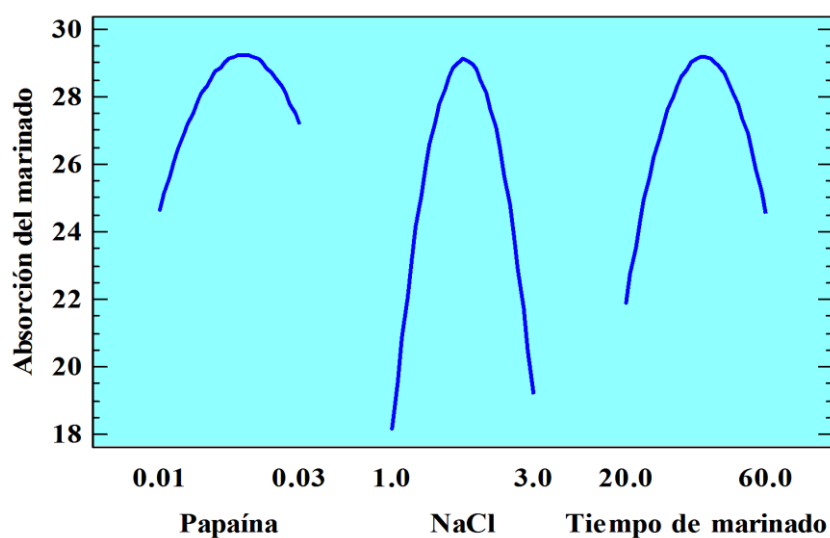
Diagrama de Pareto estandarizada para Absorción del marinado en la carne de alpaca



En la [Figura 30](#), el diagrama de Pareto estandarizado muestra los efectos principales y las interacciones en la absorción del marinado en la carne de alpaca. Los efectos positivos (en rojo) y negativos (en azul) indican si los factores aumentan o disminuyen la absorción del marinado y los efectos están ordenados de mayor a menor impacto según su efecto estandarizado. El efecto cuadrático del NaCl (B^2) es más significativo; la interacción AC es más significativa y tiene un efecto positivo; el efecto cuadrático del tiempo de marinado (C^2) también es importante y tiene un efecto negativo; el efecto cuadrático de la papaína (A^2) tiene un efecto negativo menos significativo; el efecto principal del tiempo de marinado (C) y la concentración de papaína (A) también influyen en menor medida. Los términos BC, B y AB no tienen efectos significativos en la absorción del marinado en la carne de alpaca.

Figura 31

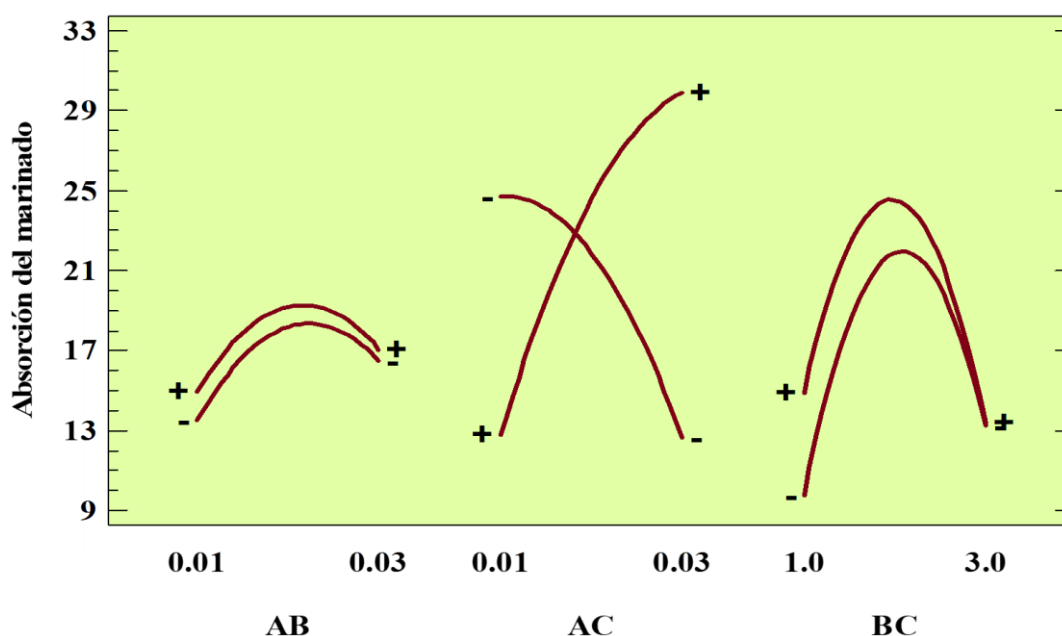
Gráfica de efectos principales (papaína, NaCl y tiempo de marinado) sobre absorción del marinado en la carne de alpaca



En la [Figura 31](#), se muestra cómo cada factor afecta individualmente la absorción del marinado en la carne de alpaca. A medida que aumenta la concentración de papaína aproximadamente de 0.01 a 0.02 %, también aumenta la absorción del marinado y luego disminuye ligeramente alrededor de 0.02 a 0.03 %. La absorción del marinado es mayor con aproximadamente un 2 % de NaCl y disminuye significativamente entre 2 a 3 % de NaCl. A medida que aumenta el tiempo de marinado, aproximadamente de 20 a 40 minutos, la absorción del marinado también aumenta y luego disminuye alrededor de 40 a 60 min.

Figura 32

Gráfica de interacción (papaína -NaCl, papaína -tiempo de marinado y NaCl - tiempo de marinado) sobre absorción del marinado en la carne de alpaca



En la [Figura 32](#), se muestra las gráficas de interacción muestran cómo la combinación de dos factores afecta la absorción del marinado en la carne de alpaca. Con el aumento de las concentraciones de papaína ([A](#)) y NaCl ([B](#)), se observa que la absorción aumenta hasta cierto punto y luego disminuye; sin embargo, no se evidencia interacción, ya que el efecto de la papaína sobre la fuerza de corte en la carne de alpaca marinada no depende del NaCl. Con el aumento de la concentración de papaína ([A](#)) y el tiempo de marinado ([C](#)), se observa también un aumento en la absorción en la carne de alpaca, hasta cierto punto, después de lo cual disminuye; esto significa que la concentración de papaína depende del tiempo de marinado y evidencia la interacción en el efecto de absorción del marinado en la carne de alpaca. La interacción entre NaCl ([B](#)) y el tiempo de marinado ([C](#)) muestra que, con el aumento de la concentración de NaCl y el tiempo de marinado, se obtiene una mayor absorción hasta cierto punto, después de lo cual disminuye. Esto significa que el NaCl depende del tiempo de marinado y evidencia una ligera interacción en el efecto de absorción del marinado en carne de alpaca.

4.2.3. Valores óptimos del marinado de la carne de alpaca

Según el diseño de Box - Behnken, los valores óptimos de la concentración de papaína, concentración de NaCl, tiempo de marinado y las variables de respuesta (fuerza de corte y absorción del marinado) se muestra en [Tabla 12](#).

Tabla 12

Factores óptimos de tratamiento del marinado de la carne de alpaca, mediante diseño Box - Behnken

Factores	Unidad	Valores óptimos
Papaína	%	0.0261464
NaCl	%	1.9912
Tiempo de marinado	min	48.7976
Fuerza de corte	N	16.68
Absorción del marinado	%	30.0961

En la [Tabla 12](#), se muestra los valores óptimos de marinado para la carne de alpaca con una deseabilidad del 97.096 %, destacando una fuerza de corte mínima de 16.68 N y una absorción de marinado máxima de 30.0961 % bajo condiciones óptimas de 0.026 % de papaína, 1.99 % de NaCl y 48.79 minutos de marinado. Estos valores son significativamente más bajos en comparación con el rango de 31.13 a 42.77 N que se consideraron relativamente tierna ([Botinestean et al., 2021](#); [Tkacz et al., 2021](#)). La absorción del marinado en la carne de alpaca (30 %) fue significativamente más alta que el 3.3 a 4.4 % reportado para otros tipos de carne ([Tkacz et al., 2021](#)) y al rango de 0.05 a 10.75 % para pollo marinada en jugo de kiwi y limón ([Çimen et al., 2024](#)). Las diferencias en la fuerza de corte y absorción del marinado entre tipos de carne se deben a la variación en la composición muscular, la estructura de las fibras, la capacidad de absorción del marinado y las condiciones de marinado ([Alvarado y McKee, 2007](#)). En conjunto, estos resultados indican que las condiciones óptimas de marinado no solo mejoran la absorción del marinado, sino también la ternura de la carne, haciéndola adecuada para la elaboración del jerky de alpaca.

4.3. Fuerza de corte, color instrumental, el hierro hemo y pH del jerky de alpaca

4.3.1. Fuerza de corte del jerky de alpaca

El análisis de varianza de la fuerza de corte se observa en la [Tabla 13](#).

Tabla 13

Análisis de varianza de la fuerza de corte del jerky de alpaca

Fuente	GL	SC	MC.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	1064.25	354.750	16912.99	0.000
Error	8	0.17	0.021		
Total	11	1064.42			

En la [Tabla 13](#), dado que el valor p es menor que 0.05 ($p < 0.05$), significa que los valores de fuerza de corte del jerky de alpaca fueron afectados estadísticamente por diferentes condiciones de deshidratación por aire caliente en multietapas (tratamiento).

Tabla 14

Comparación de Tukey para la fuerza de corte del jerky de alpaca

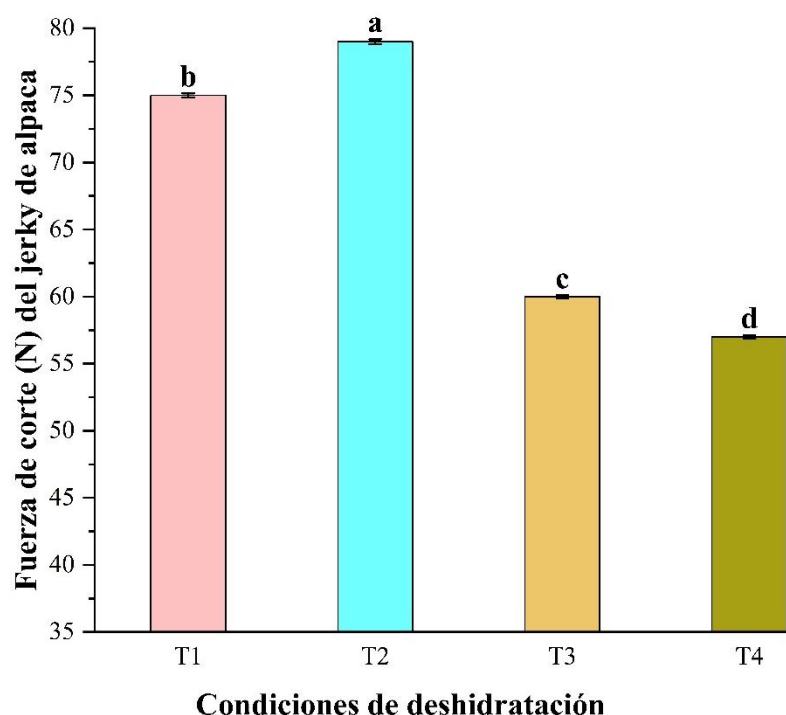
Tratamientos	Condiciones de deshidratación	Fuerza de corte (N)
T ₁	40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h	75 ± 0.15 ^b
T ₂	40 °C/0.5 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.5 h	79 ± 0.18 ^a
T ₃	40 °C/1.0 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.0 h	60 ± 0.11 ^c
T ₄	40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h	57 ± 0.13 ^d

Nota: Las letras diferentes (a, b, c y d) en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Los resultados de la comparación de Tukey ($\alpha = 0.05$) que se presentan en la [Tabla 14](#), el tratamiento (T₂), con una fuerza de corte de 79 N, fue el más alto y significativamente diferente de los demás tratamientos. Le sigue T₁ con 75 N, que también es distinto de T₃ (60 N) y T₄ (57 N), los cuales presentaron las fuerzas de corte más bajas.

Figura 33

Gráfica de comparación de Tukey para la fuerza de corte del jerky de alpaca



Mediante la gráfica de comparación Tukey en la [Figura 33](#), se evidencia que el tratamiento (T₂) muestra un efecto significativamente mayor en comparación con los otros tratamientos, indicando que el jerky de alpaca es el más duro. En cambio, el tratamiento (T₄) presenta la menor fuerza de corte, lo que significa que el jerky de alpaca es menos duro.

En nuestro estudio, se observó que la fuerza de corte del jerky de alpaca varió entre 57 a 79 N, valores menores comparados con los reportados por [Żochowska et al. \(2017\)](#) para jerky res (129.33N) y jerky de jabalí (124.0 N), pero valores próximos al jerky venado (70.33 N) que fue previamente marinado en jugo de piña y con deshidratación a 55°C/6h. Por otro lado, los resultados de [Ren \(2020\)](#) reportó una fuerza de corte mínima de 27.87 N en jerky de res, que fue previo marinado con papaína al 0.03 % y una deshidratación de 60°C/3.5 h. En comparación, [Kim et al. \(2022\)](#) encontraron valores significativamente más altos de fuerza de corte (155.6 N) en jerky de res, bajo condiciones de marinado con una inyección de salmuera al 30 % y deshidratación a 85 °C/3 h. Además, [Choi et al. \(2024\)](#) reportaron una fuerza de corte de 75.16 N en jerky de cabra, marinado con jengibre y deshidratado mediante un proceso de multietapas (72

°C/1.5 h – 65 °C/1 h – 55 °C/1 h), lo cual está dentro del rango de los resultados obtenidos en este estudio. Asimismo, [Fan et al. \(2024\)](#) indicaron que la deshidratación en una sola etapa (60 °C/4 h) y la deshidratación en multietapas (40 °C/1 h - 50 °C/2 h - 60 °C/3 h) afectaron significativamente la fuerza de corte del jerky de yak. Por tanto, la fuerza de corte del jerky de alpaca depende de la composición del marinado y condiciones de deshidratación.

4.3.2. Color instrumental del jerky de alpaca

El análisis de varianza del parámetro de color instrumental del jerky de alpaca (L) se muestra en la [Tabla 15](#), para el parámetro (a*) en la [Tabla 16](#) y el parámetro (b*) en la [Tabla 17](#).

Tabla 15

Análisis de varianza para el parámetro (L) del jerky de alpaca*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	372.17	124.058	13.18	0.002
Error	8	75.31	9.413		
Total	11	447.48			

En la [Tabla 15](#), se muestra que el valor p es menor que 0.05 ($p < 0.05$), lo que indica estadísticamente que entre los tratamientos (condiciones de deshidratación por multietapas) afectaron significativamente el brillo (L*) del jerky de alpaca.

Tabla 16

Análisis de varianza para el parámetro (a) del jerky de alpaca*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	42.027	14.0090	25.07	0.000
Error	8	4.470	0.5587		
Total	11	46.497			

En la [Tabla 16](#), se muestra que el valor p es menor que 0.05 ($p < 0.05$), lo que indica estadísticamente que entre los tratamientos (condiciones de deshidratación por multietapas) afectaron significativamente el enrojecimiento (a*) del jerky de alpaca.

Tabla 17

Análisis de varianza para el parámetro (b^) del jerky de alpaca*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	10.75	3.583	1.37	0.319
Error	8	20.86	2.607		
Total	11	31.61			

En la [Tabla 17](#), se muestra que el valor p es mayor que 0.05 ($p > 0.05$), lo que indica estadísticamente que entre los tratamientos (condiciones de deshidratación por multietapas) no afectaron significativamente la amarillez (b^*) del jerky de alpaca.

Tabla 18

Comparación de Tukey para los parámetros de color (L^ a^* b^*) del jerky de alpaca*

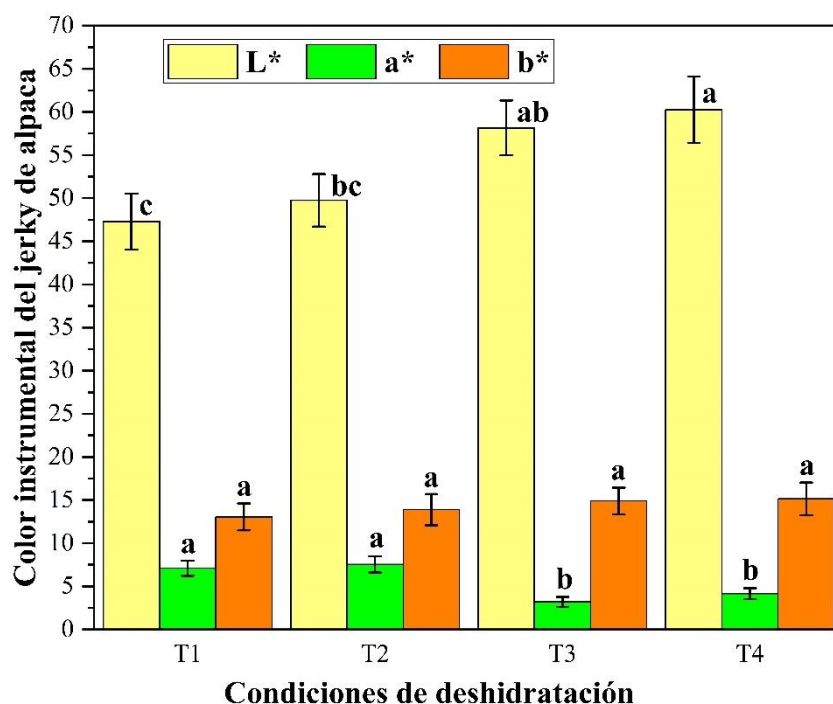
Condiciones de deshidratación (Tratamientos)	Color instrumental		
	CIE L^*	CIE a^*	CIE b^*
T ₁ (40 °C/0.5 h - 50 °C/1 h - 60 °C/2.5 h)	47.29 ± 3.25 ^c	7.10 ± 0.88 ^a	13.05 ± 1.55 ^a
T ₂ (40 °C/0.5 h - 50 °C/2 h - 60 °C/1.5 h)	49.75 ± 3.05 ^{bc}	7.55 ± 0.95 ^a	13.90 ± 1.80 ^a
T ₃ (40 °C/1 h - 50 °C/1 h - 60 °C/2 h)	58.15 ± 3.18 ^{ab}	3.20 ± 0.58 ^b	14.90 ± 1.56 ^a
T ₄ (40 °C/1 h - 50 °C/2 h - 60 °C/1 h)	60.25 ± 3.85 ^a	4.15 ± 0.65 ^b	15.15 ± 1.88 ^a

Nota: Las letras diferentes (a, b, c y d) en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

La comparación de Tukey ($\alpha = 0.05$) como se muestra en la [Tabla 18](#), para los parámetros de color del jerky de alpaca muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) en la luminosidad (L^*) y en el valor de a^* (enrojecimiento) entre los tratamientos. El tratamiento (T₄) presentó la mayor luminosidad ($L^* = 60.25$), seguido de T₃ ($L^* = 58.15$), mientras que T₁ mostró la menor ($L^* = 47.29$). En cuanto al valor de a^* , los tratamientos (T₁ y T₂) tuvieron valores más altos (7.10 y 7.55) en comparación con tratamientos (T₃ y T₄). No se observaron diferencias significativas en el valor de b^* (amarillez) entre los tratamientos.

Figura 34

Gráfico de comparación de Tukey para los parámetros de color (L^ a^* b^*) del jerky de alpaca*



En la [Figura 34](#) se corrobora gráficamente las comparaciones de Tukey de los parámetros de color instrumental (L^* , a^* b^*) del jerky de alpaca bajo las condiciones de deshidratación (tratamientos): los tratamientos (T_4 y T_3) resultan en un jerky más brillante (L^*), mientras que los tratamientos (T_1 y T_2) producen un jerky más rojo (a^*); además, los tratamientos (T_4 y T_3) generan un tono más amarillo (b^*) en comparación con tratamientos (T_1 y T_2).

Los valores de L^* en el jerky de alpaca variaron significativamente según las condiciones de deshidratación, con el tratamiento T_4 (40 °C/1 h - 50 °C/2 h - 60 °C/1 h) mostrando el valor más alto ($L^* = 60.25$), lo que indica una mayor luminosidad. En comparación, el jerky de res reportado por [Kim et al. \(2022\)](#) mostró un valor de L^* más bajo ($L^* = 43.79$), mientras que el jerky de cerdo evaluado por [Liu et al., \(2022\)](#) presentó valores aún más bajos, especialmente en el método de deshidratación por convección ($L^* = 12.5$). Asimismo, [Choi et al. \(2024\)](#) reportaron un valor de L^* de 33.98 en jerky de cabra, mientras que [Fan et al. \(2024\)](#) determinaron un L^* de 13 en jerky de yak, independientemente del método de deshidratación. En cuanto a los valores de a^* , que indican el grado de rojez, los tratamientos T_1 y T_2 de jerky de alpaca presentaron los

valores más altos ($a^* = 7.10$ y 7.55 , respectivamente), lo que sugiere una mayor tendencia al color rojo en comparación con las otras muestras. Estos valores son superiores a los reportados por [Kim et al. \(2022\)](#) para el jerky de res ($a^* = 3.10$) y similares a los obtenidos por [Liu et al., \(2022\)](#) en jerky de cerdo por deshidratado por convección ($a^* = 5.5$). [Choi et al. \(2024\)](#) reportaron un valor intermedio en jerky de cabra ($a^* = 5.47$), mientras que [Fan et al. \(2024\)](#) encontraron un valor mucho menor en jerky de yak ($a^* = 2$). En cuanto a los valores de b^* , que reflejan la tendencia hacia el color amarillo, los resultados del presente estudio mostraron una mayor estabilidad entre los diferentes tratamientos, con valores entre 13.05 y 15.15 . Estos resultados son comparables con los reportados por [Liu et al., \(2022\)](#) para el jerky de cerdo deshidratado por convección ($b^* = 12.5$) y por [Choi et al. \(2024\)](#) en el jerky de cabra ($b^* = 12.18$), aunque son significativamente menores que los valores obtenidos por [Kim et al. \(2022\)](#) para el jerky de res ($b^* = 20.52$). [Fan et al. \(2024\)](#) reportaron un valor de b^* más bajo para el jerky de yak ($b^* = 7$), lo que indica una menor tendencia al color amarillo. Los valores bajos de (a^*) se deben a que la mioglobina en la carne se oxidó a metamioglobina durante la deshidratación y se produjo una ligera reacción de Maillard ([Liu et al., 2022](#)). En general, los cambio de color durante la deshidratación de la carne se debe a la desnaturalización de proteínas, oxidación de mioglobina y reacciones de Maillard, influenciadas por la temperatura y el tiempo de deshidratación ([S. Shi, Zhao, et al., 2021](#)). El aumento de los valores L^* y b^* durante la deshidratación da lugar a un color superficial más claro debido a la menor oxidación y desnaturalización miofibrilar ([Fan et al., 2024](#)).

4.3.3. Hierro hemo de jerky de alpaca

El análisis de varianza del contenido de hierro hemo se observa en la [Tabla 19](#).

Tabla 19

Análisis de varianza para el contenido hierro hemo en el jerky de alpaca

Fuente	GL	SC.	MC.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	1490.79	496.930	2920.11	0.000
Error	8	1.36	0.170		
Total	11	1492.15			

En la [Tabla 19](#) se muestra que el valor p es menor a 0.05 ($p < 0.05$), lo que significa que el contenido de hierro hemo del jerky de alpaca fue afectado estadísticamente por las condiciones de deshidratación en gradiente (los tratamientos).

Tabla 20

Comparación de Tukey para el contenido de hierro hemo en el jerky de alpaca

Tratamientos	Condiciones de deshidratación	Hierro hemo (ug/g)
T ₁	40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h	30.25 ± 0.34 ^d
T ₂	40 °C/0.5 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.5 h	50.34 ± 0.29 ^b
T ₃	40 °C/1.0 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.0 h	40.20 ± 0.47 ^c
T ₄	40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h	60.10 ± 0.51 ^a

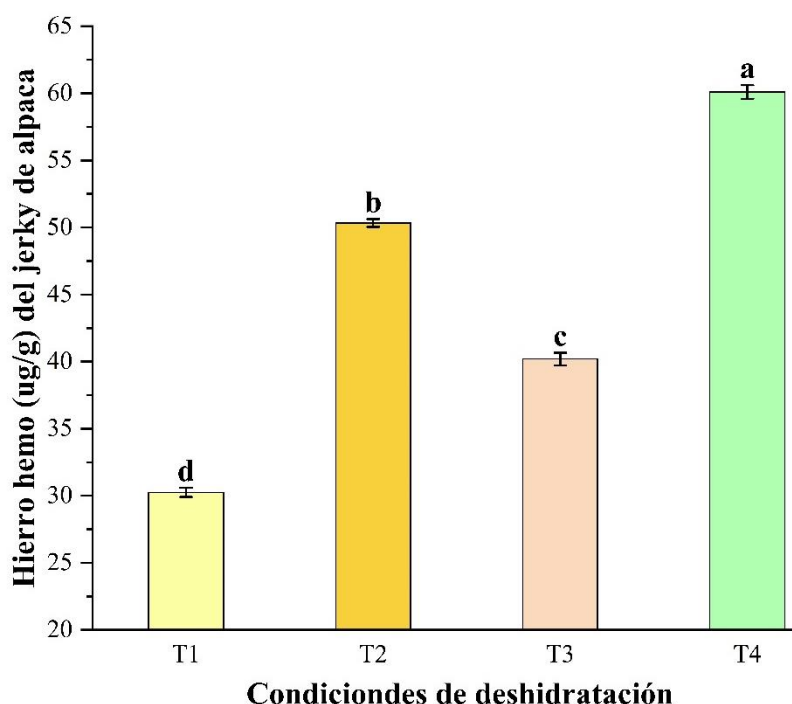
Nota: Las letras diferentes (a, b, c y d) en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

La comparación de Tukey ($\alpha = 0.05$) que se muestra en la [Tabla 20](#), para el contenido de hierro hemo en el jerky de alpaca revela diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). El tratamiento (T₄) presentó el mayor contenido de hierro hemo (60.10 µg/g), seguido de T₂ (50.34 µg/g), T₃ (40.20 µg/g) y T₁, que tuvo el contenido más bajo (30.25 µg/g).

En la [Figura 35](#) se corrobora gráficamente la comparación de Tukey del contenido de hierro hemo en el jerky de alpaca bajo diferentes condiciones de deshidratación (tratamientos). El tratamiento (T₄) presenta el mayor contenido de hierro hemo (60.10 µg/g), indicando que este tratamiento retiene más hierro hemo en el jerky; en cambio, el tratamiento (T₁) tiene el menor contenido de hierro hemo (30.25 µg/g), lo que indica que este tratamiento retiene menos hierro hemo en el jerky de alpaca.

Figura 35

Gráfica de comparación de Tukey para el contenido de hierro hemo en el jerky de alpaca



Nuestro estudio muestra que el contenido de hierro hemo en el jerky de alpaca varía según las condiciones de deshidratación: el tratamiento T₄ (40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h) tuvo el mayor contenido (60.10 µg/g), mientras que el T₁ (40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h) tuvo el menor (30.25 µg/g). En comparación con los resultados de [Liu et al. \(2022\)](#) para el jerky de cerdo, que mostrarón 100 µg/g de hierro hemo (deshidratado por radiación a 120 °C durante 115 min) y 70 µg/g (deshidratado por convección a 85 °C durante 100 min), el jerky de alpaca presentó niveles de hierro hemo inferiores, a pesar de las condiciones de deshidratación más moderadas en términos de temperatura y tiempo. Por otro lado [S. Shi, Zhao, et al. \(2021\)](#) indicaron que, al aumentar la temperatura de 40 a 60 °C y el tiempo de deshidratación de 0.5 a 2 h, el contenido de hierro hemo disminuye de 30 - 35 % al 17 - 23 %. Esta variación ocurre debido a la oxidación de la oximioglobina a metamioglobina durante el proceso de deshidratación de la carne ([Liu et al., 2022](#)).

4.3.4. pH del jerky de alpaca

El análisis de varianza del pH se observa en la [Tabla 21](#).

Tabla 21

Análisis de varianza para el pH del jerky de alpaca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	0.08924	0.029747	18.81	0.001
Error	8	0.01265	0.001581		
Total	11	0.10189			

Se observa en la [Tabla 21](#), se muestra que el valor p es menor que 0.05 ($p < 0.05$), indica que el pH del jerky de alpaca se vio afectado estadísticamente por las condiciones de deshidratación en multietapas(tratamientos).

Tabla 22

Comparación de Tukey para el pH del jerky de alpaca

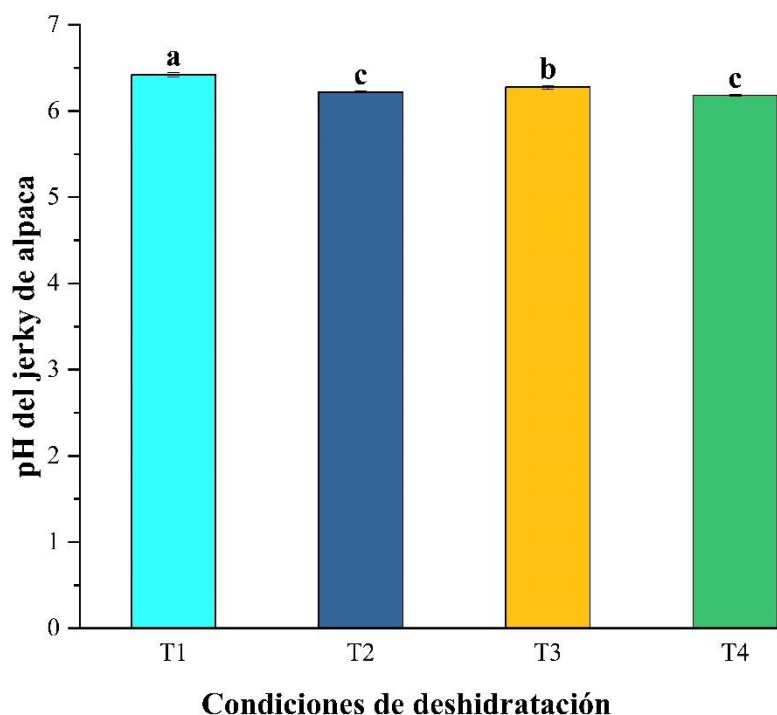
Tratamientos	Condiciones de deshidratación	pH
T ₁	40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h	6.42 ± 0.03 ^a
T ₂	40 °C/0.5 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.5 h	6.22 ± 0.01 ^c
T ₃	40 °C/1.0 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.0 h	6.28 ± 0.02 ^b
T ₄	40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h	6.18 ± 0.01 ^c

Nota: Las letras diferentes (a, b, c y d) en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

La comparación de Tukey ($\alpha = 0.05$) mostrada en la [Tabla 22](#), para el pH del jerky de alpaca muestra diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). El tratamiento (T₁) presentó el pH más alto (6.42), seguido de T₃ (6.28). Los tratamientos (T₂ y T₄) tuvieron valores de pH más bajos y no fueron significativamente diferentes entre sí (6.22 y 6.18).

Figura 36

Gráfica de comparación de Tukey para el pH del jerky de alpaca



En la [Figura 36](#) se corrobora gráficamente la comparación de Tukey de pH del jerky de alpaca bajo las cuatro condiciones de deshidratación (tratamientos). El tratamiento (T₁) presenta el pH más alto (6.42), lo que indica que el jerky tiene menor acidez; en cambio, los tratamientos (T₂ y T₄) tienen los valores de pH más bajos (6.22 y 6.18), lo que indica que el jerky mayor acidez.

Nuestros resultados en el pH del jerky de alpaca varió según las condiciones de deshidratación; en el tratamiento T₁ (40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h) tuvo el mayor pH (6.42), mientras el T₄ (40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h) tuvo el menor pH (6.18). En comparación, [Kim et al. \(2022\)](#) encontraron un pH de 5.73 en jerky de res, bajo condiciones de marinado con una inyección de salmuera al 30 % y deshidratación a 85 °C/3 h, lo que es inferior al nuestro resultado. Por otro lado, [Choi et al. \(2024\)](#) reportaron un pH de 6.55 en jerky de cabra, marinado con jengibre y deshidratado mediante un proceso de multietapas (72 °C/1.5 h – 65 °C/1 h – 55 °C/1 h), lo que es superior al nuestro resultado. [Mediani et al. \(2022\)](#) encontraron un pH alto (6.25) en jerky de res y explicaron que esto se debe a la desnaturalización de las proteínas de la carne debido al método de deshidratación. La variación de pH del jerky se podría atribuirse a la

hidrólisis de las proteínas miofibrilares causada por la papaína durante la deshidratación de la carne, lo que conlleva a la liberación de residuos de aminoácidos (Ribeiro et al., 2023)

4.4. Evaluaciones sensoriales de la carne deshidratada de alpaca tipo jerky

A continuación, se presenta las puntuaciones medias más error estándar para cada atributo (saber, color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general) del jerky de alpaca sometidos a las cuatro condiciones de deshidratación.

4.4.1. Color

El análisis de varianza del color se observa en la [Tabla 23](#).

Tabla 23

Análisis de varianza para el color del jerky de alpaca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Jueces	19	35.30	1.858	1.55	0.102
Tratamientos	3	90.30	30.100	25.16	0.000
Error	57	68.20	1.196		
Total	79	193.80			

En la [Tabla 23](#), el valor p es menor que 0.05 ($p < 0.05$), lo que indica estadísticamente que los tratamientos (condiciones de deshidratación por multietapas) afectaron significativamente el color del jerky de alpaca, evaluado subjetivamente.

Tabla 24

Comparación de Tukey para el color del jerky de alpaca

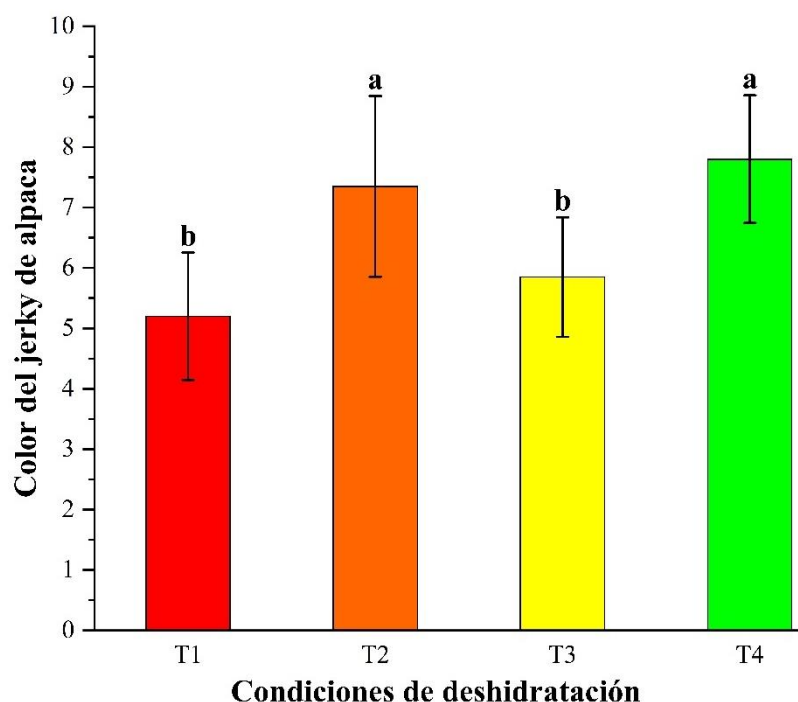
Tratamientos	Condiciones de deshidratación	Color
T ₁	40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h	5.20 ± 1.06 ^b
T ₂	40 °C/0.5 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.5 h	7.35 ± 1.50 ^a
T ₃	40 °C/1.0 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.0 h	5.85 ± 0.99 ^b
T ₄	40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h	7.80 ± 1.06 ^a

Nota: Las letras diferentes (a, b, c y d) en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

La comparación de Tukey ($\alpha = 0.05$) mostrada en la [Tabla 24](#), para el color del jerky de alpaca muestra diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). El tratamiento (T₄) obtuvo la calificación más alta (7.80), seguido una calificación 7.35 en tratamiento (T₂). Los tratamientos (T₃ y T₁) presentaron las calificaciones más bajas (5.85 y 5.20) y no difieren significativamente entre sí.

Figura 37

Gráfico de comparación de Tukey para el color del jerky de alpaca



En la [Figura 37](#) se observa gráficamente la comparación de Tukey del color sensorial del jerky de alpaca bajo las diferentes condiciones de deshidratación (tratamientos). El tratamiento (T₄) presenta la puntuación de color más alta (7.80), indicando que el jerky es el más deseable en términos de color; en cambio, el tratamiento (T₁) presenta la puntuación de color más baja (5.20), lo que indica que el jerky es el menos atractivo en términos de color.

4.4.2. Sabor

El análisis de varianza del sabor se observa en la [Tabla 25](#).

Tabla 25

Análisis de varianza para el sabor del jerky de alpaca

Fuente	GL	SC just.	MC just.	Valor F	Valor p
Jueces	19	115.300	6.068	2.78	0.002
Tratamientos	3	9.900	3.300	1.51	0.222
Error	57	124.600	2.186		
Total	79	249.800			

En la [Tabla 25](#), el valor p es mayor a 0.05 ($p > 0.05$), lo que indica que el sabor del jerky de alpaca, evaluado de manera subjetiva por los jueces, no fue afectado estadísticamente por los tratamientos (condiciones de deshidratación por etapas múltiples).

Tabla 26

Comparación de Tukey para el sabor del jerky de alpaca

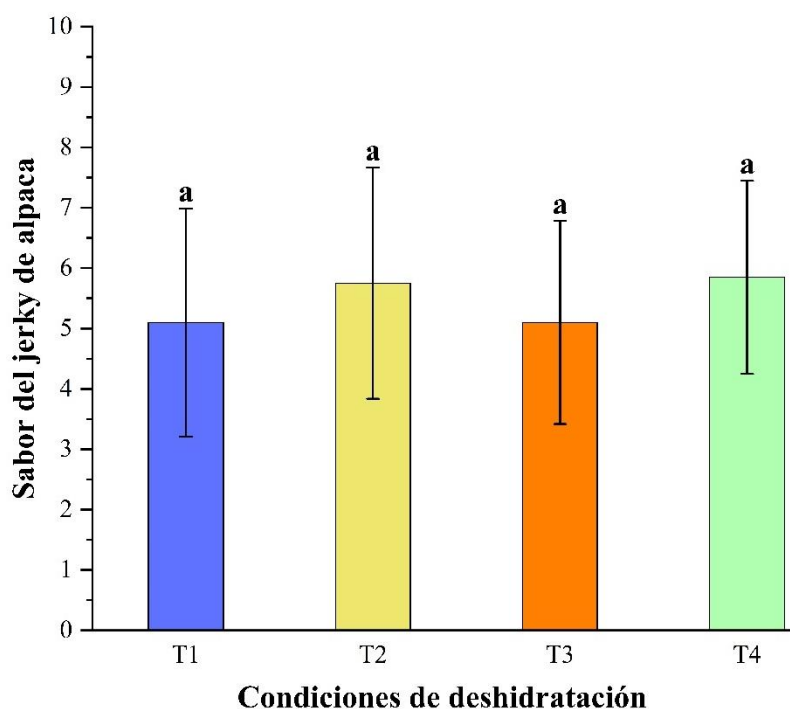
Tratamientos	Condiciones de deshidratación	Sabor
T ₁	40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h	5.10 ± 1. 89 ^a
T ₂	40 °C/0.5 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.5 h	5.75 ± 1. 92 ^a
T ₃	40 °C/1.0 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.0 h	5.10 ± 1. 68 ^a
T ₄	40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h	5.85 ± 1. 60 ^a

Nota: Las letras iguales (a) en la misma columna indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

La comparación de Tukey ($\alpha = 0.05$) mostrada en la [Tabla 26](#) indica que no hay diferencias significativas en el sabor del jerky de alpaca entre los tratamientos ($p > 0.05$). Las calificaciones medias para los tratamientos (T₁, T₂, T₃ y T₄) son 5.10, 5.75, 5.10 y 5.85 puntos, lo que indica que todas las calificaciones están dentro del mismo rango.

Figura 38

Gráfica de comparación de Tukey para el sabor del jerky de alpaca



En la [Figura 38](#) se presentan gráficamente las comparaciones de Tukey de sabor del jerky de alpaca bajo las diferentes condiciones de deshidratación (tratamientos). Entre los tratamientos (T₁, T₂, T₃ y T₄) no se observaron diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que el jerky de alpaca presentó una percepción del sabor estadísticamente similar en los cuatro tratamientos.

4.4.3. Olor

El análisis de varianza del olor se observa en la [Tabla 27](#).

Tabla 27

Análisis de varianza para el olor del jerky de alpaca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC just.	Valor F	Valor p
Jueces	19	134.450	7.076	5.85	0.000
Tratamientos	3	6.550	2.183	1.80	0.157
Error	57	68.950	1.210		
Total	79	209.950			

En la [Tabla 27](#), el valor p es mayor que 0.05 ($p > 0.05$), lo que indica estadísticamente que los tratamientos (condiciones de deshidratación por multietapas) no afectaron significativamente el olor del jerky de alpaca, evaluados de manera subjetiva por los jueces.

Tabla 28

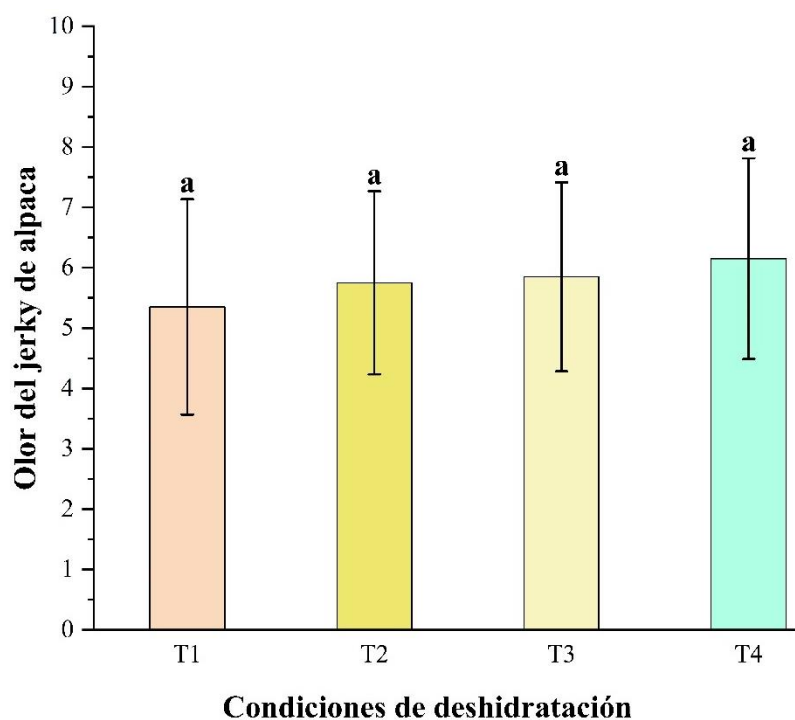
Comparación de Tukey para el olor del jerky de alpaca

Tratamientos	Condiciones de deshidratación	Olor
T ₁	40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h	5.35 ± 1.79 ^a
T ₂	40 °C/0.5 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.5 h	5.75 ± 1.52 ^a
T ₃	40 °C/1.0 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.0 h	5.85 ± 1.57 ^a
T ₄	40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h	6.15 ± 1.66 ^a

Nota: Las letras iguales (a) en la misma columna indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

Figura 39

Gráfica de comparación de Tukey para el olor del jerky de alpaca



La comparación de Tukey ($\alpha = 0.05$) mostrada en la [Tabla 28](#) indica que no hay diferencias significativas en el olor del jerky de alpaca entre los tratamientos ($p > 0.05$). Las calificaciones medias para los tratamientos (T_1 , T_2 , T_3 y T_4) son 5.35, 5.75, 5.85 y 6.15 puntos, lo que indica que todas las calificaciones están dentro del mismo rango.

En la [Figura 39](#) se presentan gráficamente las comparaciones de Tukey de olor del jerky de alpaca bajo las diferentes condiciones de deshidratación (tratamientos). Entre los tratamientos (T_1 , T_2 , T_3 y T_4) no se observaron diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que el jerky de alpaca presentó una percepción del olor estadísticamente similar en los cuatro tratamientos.

4.4.4. Textura

El análisis de varianza de la textura se observa en la [Tabla 29](#).

Tabla 29

Análisis de varianza para la textura del jerky de alpaca

Fuente	GL	SC just.	MC just.	Valor F	Valor p
Jueces	19	38.80	2.042	1.46	0.136
Tratamientos	3	44.30	14.767	10.56	0.000
Error	57	79.70	1.398		
Total	79	162.80			

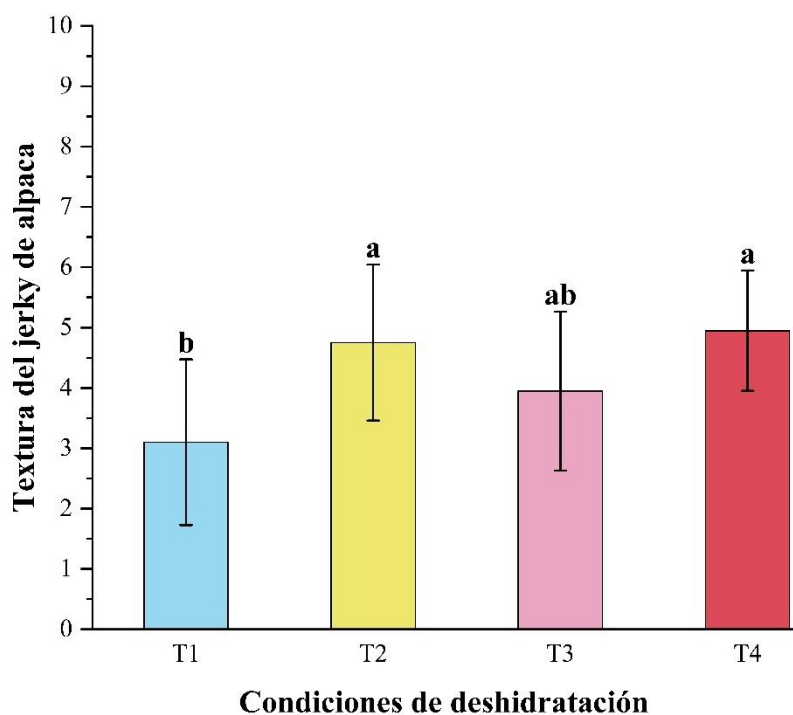
En la [Tabla 29](#), el valor p es menor que 0.05 ($p < 0.05$), lo que indica estadísticamente que entre los tratamientos (condiciones de deshidratación por multietapas) afectaron significativamente la textura del jerky de alpaca, evaluados de manera subjetiva por los jueces.

Tabla 30*Comparación de Tukey para la textura del jerky de alpaca*

Tratamientos	Condiciones de deshidratación	Textura
T ₁	40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h	3.10 ± 1.37 ^c
T ₂	40 °C/0.5 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.5 h	4.75 ± 1.29 ^{ab}
T ₃	40 °C/1.0 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.0 h	3.95 ± 1.32 ^{bc}
T ₄	40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h	4.95 ± 1.00 ^a

Nota: Las letras diferentes (a, b, c y d) en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

La comparación de Tukey ($\alpha = 0.05$) mostrada en la [Tabla 30](#) revela diferencias significativas en la textura del jerky de alpaca entre los tratamientos ($p < 0.05$). El tratamiento (T₄) obtuvo la calificación más alta (4.95), seguido por T₂ (4.75) y T₃ (3.95). El tratamiento (T₁) presentó la calificación más baja (3.10).

Figura 40*Gráfica de comparación de Tukey para la textura del jerky de alpaca*

En la [Figura 40](#) se presenta gráficamente la comparación de Tukey de la textura del jerky de alpaca bajo las diferentes condiciones de deshidratación (tratamientos). Los tratamientos (T₄) y (T₂) son significativamente diferentes del tratamiento (T₁). El tratamiento (T₄) muestra una mayor puntuación (4.95) en la textura, lo que indica que el jerky es menos duro; en comparación en el tratamiento (T₁) presenta una menor puntuación de textura, indicando que el jerky es más duro según la evaluación sensorial.

4.4.5. Aceptación general

El análisis de varianza de la aceptación general se observa en la [Tabla 31](#).

Tabla 31

Análisis de varianza para la aceptación general del jerky de alpaca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Jueces	19	105.44	5.549	3.26	0.000
Tratamientos	3	26.34	8.779	5.16	0.003
Error	57	96.91	1.700		
Total	79	228.69			

En la [Tabla 31](#), el valor p es menor que 0.05 ($p < 0.05$), lo que indica estadísticamente que entre los tratamientos (condiciones de deshidratación por multietapas) afectaron significativamente en la aceptación general del jerky de alpaca, evaluados de manera subjetiva por los jueces.

Tabla 32

Comparación de Tukey para la aceptación general del jerky de alpaca

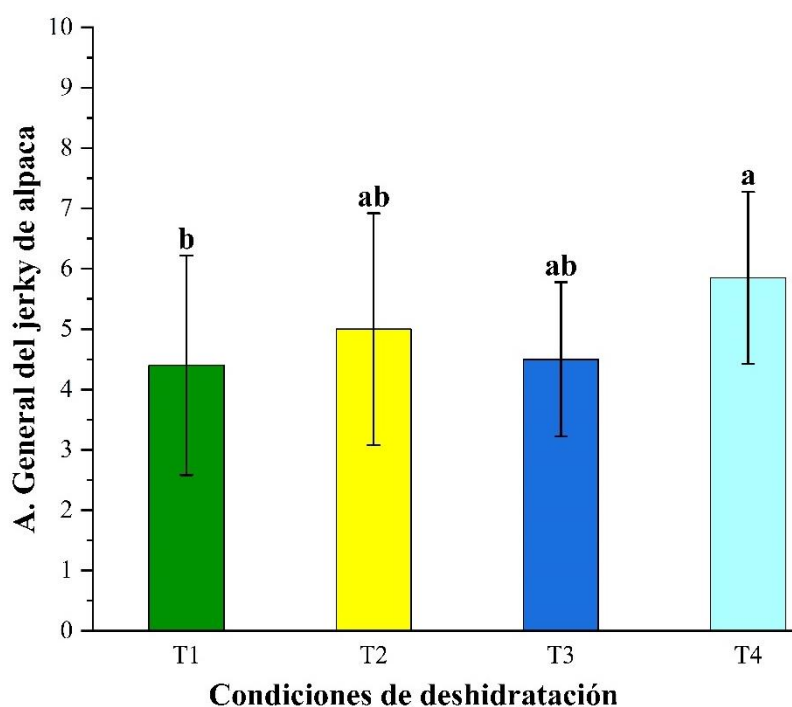
Tratamientos	Condiciones de deshidratación	A. General
T ₁	40 °C/0.5 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.5 h	4.40 + 1.82 ^b
T ₂	40 °C/0.5 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.5 h	5.00 ± 1.92 ^{ab}
T ₃	40 °C/1.0 h - 50 °C/1.0 h - 60 °C/2.0 h	4.50 ± 1.28 ^b
T ₄	40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h	5.85 ± 1.42 ^a

Nota: Las letras diferentes (a, b, c y d) en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

La comparación de Tukey ($\alpha = 0.05$) presentada en la [Tabla 32](#) para la aceptación general del jerky de alpaca muestra que los tratamientos (T₂ y T₄) obtuvieron calificaciones más altas (5.0 y 5.85) que fueron diferentes estadísticamente ($p < 0.05$) que los tratamientos (T₁ y T₃) 4.50 que tuvieron las calificaciones más bajas (4.40 y 4.50).

Figura 41

Comparación de Tukey para la aceptación general del jerky de alpaca



En la [Figura 41](#) se muestra gráficamente la comparación de Tukey de la aceptación general del jerky de alpaca sometido a cuatro condiciones de deshidratación (tratamientos). El tratamiento (T₄) presenta la puntuación de aceptación general más alta (5.85), lo que indica que el jerky es el más aceptado en general entre los tratamientos; en cambio, el tratamiento (T₁) muestra la puntuación de aceptación general más baja (4.40), que indica el jerky es el menos aceptado en comparación con los demás tratamientos.

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial del jerky de alpaca muestran que el tratamiento T₄ (40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h) tuvo la mayor aceptación general (5.85 puntos). Al comparar con estudios previos, [Żochowska et al. \(2017\)](#) y [Choi et al. \(2024\)](#) reportaron que factores como el marinado (limón/miel, vinagre, jengibre) influyeron significativamente en la textura y aceptación general de jerky de venado y cabra, respectivamente, con puntuaciones superiores a las obtenidas en este estudio.

Además, [Moore \(2021\)](#) encontró que el uso de papaína mejoró la suavidad del jerky de cabra, y [Fan et al. \(2024\)](#) explicaron que los métodos de deshidratación en multietapas incrementan la aceptabilidad del jerky de yak. [Shirkole et al. \(2023\)](#) señalan que la oxidación de los lípidos y las reacciones de hidrólisis generan ácidos grasos y compuestos volátiles, contribuyendo al sabor característico del jerky. Además, [S. Shi, Feng, et al. \(2021\)](#) destacan que el aroma y la textura están influenciados por la reacción de Maillard y la oxidación de los lípidos, que son clave en la formación de compuestos que afectan el aroma. Asimismo, mencionan que la textura de la carne deshidratada se deteriora con el aumento del tiempo y las altas temperaturas debido a la desnaturalización de las proteínas y la reacción de Maillard, como indicado por ([S. Shi, Feng, et al., 2021](#)). Por otro lado, el tiempos más cortos de deshidratación ayudan a preservar el color ([D. H. Kim et al., 2022](#)). En conjunto, se puede explicar que la variación en la percepción sensorial depende del tipo de marinado y de las técnicas de deshidratación, las cuales desempeñan un papel crucial en la mejora de la aceptación sensorial de productos cárnicos deshidratados como el jerky.

4.5. Composición proximal, características fisicoquímicas y microbiológica

4.5.1. Composición proximal

En el mejor tratamiento de deshidratación por gradiente (40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h) del jerky de alpaca, se encontró una composición proximal con un 17.88 % de humedad, 48.67 % de proteína, 2.17 % de grasa, 6.43 % de ceniza y 24.85 % de carbohidratos, como se muestra en la [Tabla 33](#).

Tabla 33

Composición proximal del jerky de alpaca

Parámetros	Valor	Unidad
Humedad	17.88 ± 0.60	%
Proteína	48.67 ± 0.10	%
Grasa	2.17 ± 0.02	%
Ceniza	6.43 ± 0.24	%
Carbohidrato*	24.85 ± 0.12	%

(*) se determinó por diferencia

El jerky de alpaca elaborado en este estudio presenta una composición proximal similar a la del charqui de alpaca establecida en la [NTP 201.059 \(2015\)](#), con valores de humedad inferiores al 20%, proteínas superiores al 45%, y grasa menor al 12%. Estos resultados indican que el jerky de alpaca también cumple con los requisitos establecidos para el charqui de alpaca. En comparación con el jerky de res de [Ren \(2020\)](#), que tiene menor humedad (16%) y mayor contenido de grasa (8%) y proteínas (56%), el jerky de alpaca presenta menos grasa, aunque con un contenido proteico ligeramente inferior. Asimismo, los resultados son consistentes con los reportados por [Ponce \(2018\)](#) en carne de alpaca deshidratada combinada con ultrasonido, aunque con un menor contenido proteico (62.27%) y de grasa (6.67%). El aumento de componentes como proteínas, grasas y cenizas se atribuye a la reducción de agua durante la deshidratación ([Shirkole et al., 2023](#)). Esto indica que las diferencias en los métodos de deshidratación y los componentes del marinado pueden influir significativamente en la composición final del producto.

4.5.2. Características fisicoquímicas

En el mejor tratamiento de deshidratación por gradiente (40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h) del jerky de alpaca, los valores presentados en la [Tabla 34](#) muestran que la relación humedad/proteína es de 0.37, lo que refleja una baja humedad en comparación con la alta proteína. El pH es de 6.18, indicando que el jerky es ligeramente ácido, y la actividad de agua (a_w) es de 0.64, sugiriendo un nivel de actividad de agua suficientemente bajo para inhibir el crecimiento de microorganismos, lo que contribuye a una buena conservación del jerky de alpaca.

Tabla 34

Características fisicoquímicas del jerky de alpaca

Parámetros	Cantidad
Humedad/Proteína	0.37
pH	6.18 ± 0.01
Actividad de agua (a_w)	0.64 ± 0.03

Los resultados obtenidos para las características fisicoquímicas del jerky de alpaca, en comparación con otros estudios, como el de [Choi et al. \(2024\)](#), que reportaron un pH más alto (6.55) en jerky de cabra marinado con jengibre, y [Kim et al. \(2022\)](#), que

determinaron un pH de 5.73 y una aw de 0.81 en jerky de res con inyección de salmuera, indican que el jerky de alpaca presenta una buena estabilidad microbiológica, como lo sugiere su aw inferior a 0.7. Estos valores son consistentes en los productos deshidratados con una aw por debajo de 0.7 tienen una alta estabilidad, lo que garantiza la seguridad y prolonga la vida útil sin necesidad de refrigeración([Kumar et al., 2019](#); [S. Li et al., 2023](#)). Además, la baja relación humedad/proteína observada en este estudio, de 0.37 en comparación con 0.75, indica una mayor seguridad microbiológica del jerky ([L. Li et al., 2023](#); [T. K. Kim et al., 2020](#)).

4.5.3. Análisis microbiológico

En el mejor tratamiento de deshidratación por gradiente (40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h), los valores presentados en la [Tabla 35](#) muestran que el análisis microbiológico del jerky de alpaca.

Tabla 35

Análisis microbiológico del jerky de alpaca

Análisis	Unidades	Resultado
<i>Staphylococcus Aureus</i>	NMP/g	< 10
<i>Clostridium Perfringens</i>	UFC/g	< 10*
<i>Salmonella s.pp</i>	Ausencia/ 25g	Ausencia

(*) Recuento estimado en placa

El análisis microbiológico del jerky de alpaca después de un día de almacenamiento muestra niveles muy bajos de *Staphylococcus aureus* (< 10 NMP/g) y *Clostridium perfringens* (< 10 UFC/g), y ausencia de *Salmonella s.pp* en 25 g de jerky de alpaca. Estos resultados cumplen con los límites establecidos por la [NTP 201.059 \(2015\)](#), que especifica un límite máximo de 10³ UFC/g para *Staphylococcus aureus* y *Clostridium perfringens*, y la ausencia de *Salmonella* sp en 25 g en muestra. Comparado con los resultados de [Moore \(2021\)](#), donde no se observaron diferencias significativas en los microorganismos del jerky de cabra, y con los hallazgos de [Liu et al., \(2022\)](#), quienes también reportaron ausencia de *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* en jerky de cerdo después de un día de almacenamiento. Esto indica que las condiciones de deshidratación empleadas en este estudio son efectivas para mantener la seguridad microbiológica del producto dentro de los estándares aceptables.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la carne de alpaca fresca presenta una composición proximal con alta humedad (74.82%) y una cantidad moderada de proteína (21.36%), mientras que la grasa, ceniza y carbohidratos son bajos (2.08, 1.13 y 0.61 %). Las características fisicoquímicas muestran un pH de 5.30, una fuerza de corte de 46.05 N y una relación humedad/proteína de 3.50. Estos valores reflejan una carne de alpaca fresca con una buena proporción de proteínas y bajo contenido de grasa, lo cual es relevante para la elaboración del jerky de alpaca. Sin embargo, se sometió al marinado para reducir la fuerza de corte, ya que la carne de alpaca evidenció menos ternura.
2. La concentración óptima de los factores de marinado (papaína, NaCl y tiempo de marinado) se determinó a partir de 17 tratamientos utilizando el Diseño Box–Behnken. Los valores óptimos fueron 0.0261 % de papaína, 1.9912 % de NaCl y 48.8 min de tiempo de marinado. Estos parámetros optimizaron la fuerza de corte, alcanzando un mínimo de 16.68 N, y la absorción del marinado, con un máximo de 30.10 %. La carne de alpaca tratada con estas condiciones resultó más tierna que la carne fresca. Por lo tanto, los valores óptimos de marinado se utilizaron para la elaboración del jerky de alpaca.
3. Se determinó que las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) en gradiente afectaron de manera significativa la fuerza de corte, los parámetros de color instrumental (L^* y a^*), el contenido de hierro hemo y el pH del jerky de alpaca; sin embargo, no influyeron significativamente en el parámetro de color (b^*). Por tanto, la carne de alpaca marinada que se deshidrató en el tratamiento (T_4), correspondiente a la condición de deshidratación (40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h) exhibió mejores características fisicoquímica del jerky de alpaca, con menor fuerza de corte (57 N), mejor valor de color instrumental ($L^* = 60.25$, $a^* = 4.15$ y $b^* = 15.15$), mayor contenido de hierro hemo (60.10 µg/g) y menor valor de pH (6.18).

4. Se determinó que las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) en gradiente afectaron de manera significativa los atributos de color, textura y aceptación general del jerky de alpaca; sin embargo, no influyeron significativamente en los atributos de sabor y olor. Por ende, la carne de alpaca marinada que se deshidrató en el tratamiento (T₄), correspondiente a la condición de deshidratación (40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h) también tuvo las mejores calificaciones sensoriales, con un puntaje de color de 7.8 puntos, sabor de 5.8 puntos, textura de 4.95 puntos, y una aceptación general de 5.85 puntos.
5. En el mejor tratamiento (T₄), correspondiente a la condición de deshidratación (40 °C/1.0 h - 50 °C/2.0 h - 60 °C/1.0 h), se determinó en el jerky de alpaca la composición proximal (humedad de 17.88 %, proteína de 48.67%, grasa de 2.17 %, ceniza de 6.43 % y carbohidratos de 24.85%); características fisicoquímicas (relación humedad/proteína de 0.37, pH de 6.18 y actividad de agua (aw) de 0.64); y la calidad microbiológica (*Staphylococcus aureus* menor a 10 NMP/g, *Clostridium perfringens* menor a 10 UFC/g y ausencia de *Salmonella spp*). Por tanto, el jerky de alpaca es un producto cárnico deshidratado con alta concentración de proteínas, bajo contenido de grasa, niveles adecuados de humedad, actividad de agua y relación humedad/proteína para su conservación y estabilidad, y microbiológicamente aceptable, ya que los niveles de bacterias potencialmente patógenas son muy bajos.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el estudio sobre la estabilidad del jerky de alpaca bajo diferentes condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad y envasado) para determinar su vida útil y cómo varían las características fisicoquímicas con el tiempo.
2. Investigar las propiedades funcionales del jerky de alpaca, como su capacidad antioxidante, aminoácidos y la biodisponibilidad de nutrientes en la dieta humana.
3. Realizar el estudio comparativo entre el jerky de alpaca y otros tipos de jerky (como el de carne de res, cerdo, pollo, etc.) en términos de perfil nutricional, calidad sensorial y aceptabilidad.
4. Investigar y seleccionar ingredientes funcionales con propiedades específicas que puedan mejorar la calidad nutricional y funcional del jerky de alpaca, como antioxidantes naturales (extracto de romero), prebióticos, probióticos con beneficios para la salud.
5. Realizar la operación adicional del ahumado del jerky de alpaca y evaluar los compuestos orgánicos, perfil nutricional y sensorial.

REFERENCIAS

- Abdel, N. H. H. S., & Mohamed, H. M. H. (2016). Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain. *Meat Science*, 118, 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.021>
- Alvarado, C., & McKee, S. (2007). Marination to Improve Functional Properties and Safety of Poultry Meat. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(1), 113-120. <https://doi.org/10.1093/japr/16.1.113>
- Astruc, T., Desfrétières, A., & Vénien, A. (2018). Histological Study of Ultrastructural Changes in Muscle Exposed to Various Concentrations of NaCl Brine. *Journal of Food Science*, 83(5), 1221-1228. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14122>
- Barekat, S., & Soltanizadeh, N. (2017). Improvement of meat tenderness by simultaneous application of high-intensity ultrasonic radiation and papain treatment. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39, 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.12.009>
- Biffin, T. E., Smith, M. A., Bush, R. D., Collins, D., & Hopkins, D. L. (2019). The effect of electrical stimulation and tenderstretching on colour and oxidation traits of alpaca (Vicunga pacos) meat. *Meat Science*, 156, 125-130. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.026>
- Botinestean, C., Hossain, M., Mullen, A. M., Kerry, J. P., & Hamill, R. M. (2021). The influence of the interaction of sous-vide cooking time and papain concentration on tenderness and technological characteristics of meat products. *Meat Science*, 177, 108491. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108491>
- Chen, Q., Kong, B., Han, Q., Liu, Q., & Xu, L. (2016). The role of bacterial fermentation in the hydrolysis and oxidation of sarcoplasmic and myofibrillar proteins in Harbin dry sausages. *Meat Science*, 121, 196-206. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.012>
- Cheng, H., Jung, E.-Y., Song, S., & Kim, G.-D. (2023). Effect of freezing raw meat on the physicochemical characteristics of beef jerky. *Meat Science*, 197, 109082. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109082>
- Choi, D.-M., Kim, H.-Y., & Lee, S.-H. (2024). Study on Ways to Improve the Quality of Black Goat Meat Jerky and Reduce Goaty Flavor through Various Spices. *Food Science of Animal Resources*, 44(3), 635-650. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2024.e8>
- Çimen, N., Unal, K., & Alp, H. (2024). Effects of ultrasound-assisted marination on spent hen meats: Microstructure, textural and technological properties. *Food Bioscience*, 61, 104563. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104563>
- Cruz, T. J. P., Vieira, M. S. dos S., Correa, O. O. V., Delgado, D. R., Angulo-Tisoc, J. M., Barbin, D. F., & Siche, R. (2024). Detection of adulteration of Alpaca

- (Vicugna pacos) meat using a portable NIR spectrometer and NIR-hyperspectral imaging. *Journal of Food Composition and Analysis*, 126, 105901. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105901>
- Fan, Y., Guo, C., Zhu, Y., Liu, D., & Liu, Y. (2024). Effects of different drying methods on physicochemical, textural, flavor, and sensory characteristics of yak jerky. *Meat Science*, 109570. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109570>
- Gagaoua, M., Dib, A. L., Lakhdera, N., Lamri, M., Botineştean, C., & Lorenzo, J. M. (2021). Artificial meat tenderization using plant cysteine proteases. *Current Opinion in Food Science*, 38, 177-188. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.12.002>
- Gómez, I., Janardhanan, R., Ibañez, F. C., & Beriain, M. J. (2020). The Effects of Processing and Preservation Technologies on Meat Quality: Sensory and Nutritional Aspects. *Foods*, 9(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/foods9101416>
- Gutiérrez, G., Gutiérrez, J. P., Huanca Mamani, T., & Wurzinger, M. (2018). Challenges and opportunities of genetic improvement in alpacas and llamas in Peru. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/2206>
- Jia, S., Shen, H., Wang, D., Liu, S., Ding, Y., & Zhou, X. (2024). Novel NaCl reduction technologies for dry-cured meat products and their mechanisms: A comprehensive review. *Food Chemistry*, 431, 137142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137142>
- Kalahrodi, M. M., Baghaei, H., Emadzadeh, B., & Bolandi, M. (2021). Degradation of myofibrillar and sarcoplasmic proteins as a function of marinating time and marinade type and their impact on textural quality and sensory attributes of m. Semitendinosus beefsteak. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(9), e15691. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15691>
- Kang, K., Ma, J., Wang, H., Wang, Z., Peng, Q., Hu, R., Zou, H., Bao, S., Zhang, W., & Sun, B. (2020). High-energy diet improves growth performance, meat quality and gene expression related to intramuscular fat deposition in finishing yaks raised by barn feeding. *Veterinary Medicine and Science*, 6(4), 755-765. <https://doi.org/10.1002/vms3.306>
- Karatepe, P., Akgöl, M., Akdeniz İncili, C., Tekin, A., İncili, G. K., & Hayaloğlu, A. A. (2023). Effect of hawthorn vinegar-based marinade on the quality parameters of beef tenderloins. *Food Bioscience*, 56, 103098. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103098>
- Kim, D. H., Shin, D.-M., Lee, J. H., Kim, Y. J., & Han, S. G. (2022). Effect of Different Brine Injection Levels on the Drying Characteristics and Physicochemical Properties of Beef Jerky. *Food Science of Animal Resources*, 42(1), 98-110. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e66>

- Kim, T. K., Kim, H. W., Lee, Y. Y., Jang, H. W., Kim, Y. B., & Choi, Y. S. (2020). Quality characteristics of duck jerky: Combined effects of collagen and konjac. *Poultry Science*, 99(1), 629-636. <https://doi.org/10.3382/ps/pez561>
- Kumar, P., Verma, A. K., Kumar, D., Umaraw, P., Mehta, N., & Malav, O. P. (2019). Chapter 11 - Meat Snacks: A Novel Technological Perspective. En C. M. Galanakis (Ed.), *Innovations in Traditional Foods* (pp. 293-321). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814887-7.00011-3>
- Li, L., Zhang, G., Zheng, Y., Bi, X., Jia, N., & Liu, D. (2023). Effects of ultrasound-assisted curing on the quality and microstructure of low-sodium beef jerky. *Ultrasonics Sonochemistry*, 101, 106679. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106679>
- Li, S., Tang, S., Mo, R., Li, J., & Chen, L. (2023). Effects of NaCl curing and subsequent fermentation with *Lactobacillus sakei* or *Lactobacillus plantarum* on protein hydrolysis and oxidation in yak jerky. *LWT*, 173, 114298. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114298>
- Li, Y., Feng, T., Sun, J., Guo, L., Wang, B., Huang, M., Xu, X., Yu, J., & Ho, H. (2020). Physicochemical and microstructural attributes of marinated chicken breast influenced by breathing ultrasonic tumbling. *Ultrasonics Sonochemistry*, 64, 105022. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105022>
- Liu, Z., Zheng, W., Shen, C., Yang, H., He, M., Zhang, Y., Zhao, C., & Zhao, Z. (2022). Effect of different drying methods on the physical properties of pork jerky. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, 100619. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100619>
- Lopes, S. M., da Silva, D. C., & Tondo, E. C. (2022). Bactericidal effect of marinades on meats against different pathogens: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(27), 7650-7658. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1916734>
- Luckose, F., Pandey, M. C., & Harilal, P. T. (2017). Effect of sodium chloride reduction on drying kinetics of restructured chicken jerky. *Food Bioscience*, 19, 156-162. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.07.006>
- Ma, Y., Yuan, Y., Bi, X., Zhang, L., Xing, Y., & Che, Z. (2019). Tenderization of Yak Meat by the Combination of Papain and High-Pressure Processing Treatments. *Food and Bioprocess Technology*, 12(4), 681-693. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-2245-3>
- Marino, R., della Malva, A., Caroprese, M., De Pilli, T., Alessandrino, O., Picariello, G., Sevi, A., & Albenzio, M. (2023). Proteomics in bovine semitendinosus muscle to assess emerging strategies based on papain injection and ultrasounds on meat tenderization process. *Meat Science*, 200, 109147. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109147>

- Mediani, A., Hamezah, H. S., Jam, F. A., Mahadi, N. F., Chan, S. X. Y., Rohani, E. R., Che Lah, N. H., Azlan, U. K., Khairul Annuar, N. A., Azman, N. A. F., Bunawan, H., Sarian, M. N., Kamal, N., & Abas, F. (2022). A comprehensive review of drying meat products and the associated effects and changes. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1057366>
- MIDAGRI. (2024). *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego: Producción Pecuaria*. https://siea.midagri.gob.pe/siea_bi/
- Mishra, B., Mishra, J., Pati, P., & Rath, P. K. (2017). Dehydrated Meat Products: A Review. *International Journal of Livestock Research*, 1. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20170812035616>
- Moore, G. A. (2021). *Effect of Different Marinades on Quality Characteristics of Chevron Jerky* [Universidad de Ghana]. <https://afribary.com/works/effect-of-different-marinades-on-quality-characteristics-of-chevron-jerky>
- NTP 201.016. (2015). *Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de grasa total*. <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/datos.aspx?id=35451>
- NTP 201.021. (2015). *Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de proteínas*. <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/datos.aspx?id=35452>
- NTP 201.043. (2021). *Carne y productos cárnicos. Definiciones, requisitos y clasificación de las carcasas y carne de alpacas y llamas*. <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/datos.aspx?id=34491#>
- NTP 201.059. (2015). *Carne y productos cárnicos. Charqui. Requisitos*. <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/datos.aspx?id=35936>
- Ojha, K. S., Granato, D., Rajuria, G., Barba, F. J., Kerry, J. P., & Tiwari, B. K. (2018). Application of chemometrics to assess the influence of ultrasound frequency, *Lactobacillus sakei* culture and drying on beef jerky manufacture: Impact on amino acid profile, organic acids, texture and colour. *Food Chemistry*, 239, 544-550. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.124>
- O'Neill, C. M., Cruz-Romero, M. C., Duffy, G., & Kerry, J. P. (2019). Improving marinade absorption and shelf life of vacuum packed marinated pork chops through the application of high pressure processing as a hurdle. *Food Packaging and Shelf Life*, 21, 100350. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100350>
- Onopiuk, A., Szpicer, A., Pogorzelski, G., Wierzbicka, A., & Poltorak, A. (2022). Analysis of the impact of exogenous preparations of cysteine proteases on tenderness of beef muscles *Semimembranosus* and *Longissimus thoracis et lumborum*. *Livestock Science*, 258, 104866. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104866>
- Ozbekova, Zh. E., Abdyl daev, A. A., & Kulmyrzaev, A. A. (2024). Study of relations between chemical, colour and fluorescence properties of raw and dried meat powders of cow and yak (*Bos grunniens*). *Spectrochimica Acta Part A: Molecular*

- and *Biomolecular Spectroscopy*, 306, 123610.
<https://doi.org/10.1016/j.saa.2023.123610>
- Pei, Y., Li, Z., Song, C., Li, J., Xu, W., & Zhu, G. (2022). Analysis and modelling of temperature and moisture gradient for ginger slices in hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 323, 111009. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111009>
- Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., & Cavani, C. (2013). Functional ingredients for poultry meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 33(1), 27-39. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.06.004>
- PNAEQW. (2023). *Especificaciones Técnicas de Alimentos del Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma*.
<https://info.qaliwarma.gob.pe/pubweb/catalogo-esp-tec/>
- Polidori, P., Antonini, M., Torres, D., Beghelli, D., & Renieri, C. (2007). Tenderness evaluation and mineral levels of llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) meat. *Meat Science*, 77(4), 599-601.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.011>
- Ponce, R. (2018). Influencia del ultrasonido aplicado al deshidratado convectivo de carne de alpaca (*Vicugna pacos*) en la mejora de su calidad. *Investigación*, 26, 127-130. <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.2018.1.68>
- Popova, T., Tejeda, L., Peñarrieta, J. M., Smith, M. A., Bush, R. D., & Hopkins, D. L. (2021). Meat of South American camelids—Sensory quality and nutritional composition. *Meat Science*, 171, 108285.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108285>
- Prejsnar, A. A., Kačániová, M., Ormian, M., Topczewska, J., & Sokołowicz, Z. (2023). Quality and Microbiological Safety of Poultry Meat Marinated with the Use of Apple and Lemon Juice. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/ijerph20053850>
- Rahman, E. S. M., Islam, S., Pan, J., Kong, D., Xi, Q., Du, Q., Yang, Y., Wang, J., Oh, D.-H., & Han, R. (2023). Marination ingredients on meat quality and safety—A review. *Food Quality and Safety*, 7, fyad027.
<https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyad027>
- Ren, Z. G. (2020). Preparation of tenderized spiced beef jerky. *Journal of Food Safety and Quality*, 11(1541-1547), 1541.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20203190017>
- Ribeiro, W. O., Ozaki, M. M., dos Santos, M., de Castro, R. J. S., Sato, H. H., Câmara, A. K. F. I., Rodríguez, A. P., Campagnol, P. C. B., & Pollonio, M. A. R. (2023). Evaluating different levels of papain as texture modifying agent in bovine meat loaf containing transglutaminase. *Meat Science*, 198, 109112.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109112>

- Salvá, B. R., & Mateo, J. O. (2014). *Carnes deshidratadas de la región andina y otras partes del mundo* (1.^a ed.). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Salvá, B. R., Zumalacárregui, J. M., Figueira, A. C., Osorio, M. T., & Mateo, J. (2009). Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Peru. *Meat Science*, 82(4), 450-455. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.015>
- Shi, S., Feng, J., An, G., Kong, B., Wang, H., Pan, N., & Xia, X. (2021). Dynamics of heat transfer and moisture in beef jerky during hot air drying. *Meat Science*, 182, 108638. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108638>
- Shi, S., Kong, B., Wang, Y., Liu, Q., & Xia, X. (2020). Comparison of the quality of beef jerky processed by traditional and modern drying methods from different districts in Inner Mongolia. *Meat Science*, 163, 108080. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108080>
- Shi, S., Zhao, M., Li, Y., Kong, B., Liu, Q., Sun, F., Yu, W., & Xia, X. (2021). Effect of hot air gradient drying on quality and appearance of beef jerky. *LWT*, 150, 111974. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111974>
- Shi, Y., Wang, Y., Shi, J., Li, Z., Huang, X., Liang, J., Zhang, X., Zhang, D., Zou, X., & Hu, X. (2023). Simulation of diffusion behavior of NaCl in multi-tissue beef marination process. *Food Chemistry*, 402, 134164. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134164>
- Shirkole, S. S., Mujumdar, A. S., & Raghavan, G. S. V. (2023). Drying of foods: Principles, practices and new developments. En S. M. Jafari & N. Malekjani (Eds.), *Drying Technology in Food Processing* (pp. 3-29). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819895-7.00020-1>
- Silva, D. L. G., Girotto, L. M., Souza, S. B. da S. de, Porciuncula, B. D. A., & Barros, B. C. B. (2024). Evaluation of hot-air drying conditions of ora-pro-nobis leaves: Effects on bioactive compounds and powder properties. *Food and Humanity*, 3, 100359. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100359>
- Smith, M. A., Bush, R. D., van de Ven, R. J., Hall, E. J. S., Greenwood, P. L., & Hopkins, D. L. (2017). The impact of gender and age on the nutritional parameters of alpaca (Vicugna pacos) meat, colour stability and fat traits. *Meat Science*, 123, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.08.012>
- Tkacz, K., Modzelewska-Kapituła, M., Petracci, M., & Zduńczyk, W. (2021). Improving the quality of sous-vide beef from Holstein-Friesian bulls by different marinades. *Meat Science*, 182, 108639. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108639>
- 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/10.1016/j.meatsci.2023.109296>

- Wurzinger, M., & Gutiérrez, G. (2022). Alpaca breeding in Peru: From individual initiatives towards a national breeding programme? *Small Ruminant Research*, 217, 106844. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106844>
- Wyness, L. (2016). The role of red meat in the diet: Nutrition and health benefits. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 227-232. <https://doi.org/10.1017/S0029665115004267>
- Xiong, Y. L., Lou, X., Harmon, R. J., Wang, C., & Moody, W. G. (2000). Salt- and pyrophosphate-induced structural changes in myofibrils from chicken red and white muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(8), 1176-1182. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200006\)80:8<1176::AID-JSFA615>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200006)80:8<1176::AID-JSFA615>3.0.CO;2-M)
- Ye, Y., Zhou, T., Liu, T., & Shi, W. (2024). Quality-based selection of the optimal hot air gradient drying method for anchovy and modeling of drying kinetics. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2024.03.002>
- Yusop, S. M., O'Sullivan, M. G., & Kerry, J. P. (2011). Marinating and enhancement of the nutritional content of processed meat products. En J. P. Kerry & J. F. Kerry (Eds.), *Processed Meats* (pp. 421-449). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857092946.3.421>
- Zhang, H., Tang, D., Yang, H., Liu, X., Cheng, J., Wang, X., Zou, J., & Lin, Y. (2023). Effects of high hydrostatic pressure assisted enzymatic tenderization on goose meat texture and myofibril protein. *LWT*, 184, 114845. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114845>
- Zhang, X., Zhu, L., Song, L., Song, L., Shi, S., Liu, H., Wu, J., Si, K., Gong, T., & Liu, H. (2023). Combined treatment of lactic acid-ultrasound-papain on yak meat and its tenderization mechanism. *Meat Science*, 196, 109043. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109043>
- Zhao, D., Li, H., Huang, M., Wang, T., Hu, Y., Wang, L., Xu, D., Mao, S., Li, C., & Zhou, G. (2020). Influence of proteolytic enzyme treatment on the changes in volatile compounds and odors of beef longissimus dorsi. *Food Chemistry*, 333, 127549. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127549>
- Żochowska, J. K., & Sobczak, M. (2017). Influence of marinades on shear force, structure and sensory properties of home-style jerky. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 16(4), 413-420. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.0508>

ANEXOS

Anexo A

Resultados de determinación de humedad, ceniza y pH de la carne de alpaca fresca

Muestras	Humedad	Ceniza	pH
M1	75.84	1.14	5.33
M2	74.79	1.23	5.29
M3	73.82	1.018	5.29
Promedio	74.82	1.13	5.30
D.E	1.01	0.11	0.02

Anexo B

Coefficientes de regresión para fuerza de corte de la carne de alpaca marinada

Coefficiente	Estimado
Constante	58.16
A: Papaína	-1213.75
B: NaCl	-7.31875
C: Tiempo de marinado	-0.911938
AA	31675.0
AB	25.75
AC	-7.2625
BB	0.685
BC	0.0805
CC	0.010525

Anexo C

Coefficientes de regresión para absorción del marinado de la carne de alpaca

Coefficiente	Estimado
Constante	-31.78
A: Papaína	-8.25
B: NaCl	45.0838
C: Tiempo de marinado	0.639563
AA	-32037.5
AB	-21.0
AC	36.475
BB	-10.4163
BC	-0.062375
CC	-0.0147281

Anexo D

Informe de resultados de proteína y grasa en la carne de alpaca fresca



INFORME DE ENSAYO N° 0377-2024

SOLICITANTE : CARLOS CANCHO ROMANI
FLOR DIANA VENTURA CHAICO

TÍTULO DE TESIS: "EFECTO DEL MARINADO, TIEMPO Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACION EN LA CALIDAD DE CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) TIPO JERKY"

CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:

HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : CARNE FRESCA DE ALPACA
NUMERO DE SOLICITUD : 0195-2024
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 300 g
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICO QUIMICO
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 13 DE MAYO DE 2024
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 13 DE MAYO DE 2024
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 18 DE MAYO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (100 g)

ANALISIS	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Proteína	21,40 %	21,31 %
Grasa	2,05 %	2,10 %

METODO DE ENSAYO:

1. PROTEINA: NTP 201.021.2002 (REVISADA EL 2015) CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE PROTEINA
2. GRASA: NTP 201.016.2002 CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE GRASA TOTAL

CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 18 DE MAYO DE 2024.

CENA S.A.C.

Ing. Blanca Roque Lima
CIP. 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Página 1 de 1

FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244
FB: [cenasaclaboratorio@hotmail.com](https://www.facebook.com/cenasaclaboratorio)
[https://cenasaclab.com](https://www.cenasaclab.com)

Anexo E

Informe de resultado de fuerza de corte en la carne de alpaca sin marinado

CENASAC
CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS SAC

INFORME DE ENSAYO N° 0364-2024

SOLICITANTE : CARLOS CANCHO ROMANI
FLOR DIANA VENTURA CHAICO

TÍTULO DE TESIS: EFECTO DEL MARINADO, TIEMPO Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACION EN LA CALIDAD DE CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) TIPO JERKY

CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : CARNE DE ALPACA FRESCA
NUMERO DE SOLICITUD : 0191-2024
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 300 g
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICO QUIMICO
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 13 DE MAYO DE 2024
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 13 DE MAYO DE 2024
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 15 DE MAYO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANÁLISIS	RESULTADO
Textura – fuerza de corte (N)	46.05

METODO DE ENSAYO:
1. TEXTURA: POR TEXTUROMETRO

CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 15 DE MAYO DE 2024.

CENA S.A.C.

Ing. Blanca Roque Lima
CIP: 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Página 1 de 1
FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo ■
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com ■
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244 ■
FB: [cenasaclaboratorio@hotmail.com](https://www.facebook.com/cenasaclaboratorio) ■
[https://cenasaclab.com](https://www.cenasaclab.com) ■

Anexo F

Informe de resultado de fuerza de corte de la carne de alpaca marinado, a diferentes combinaciones de la concentración de la papaína, concentración de NaCl y tiempo de marinado



CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS SAC

INFORME DE ENSAYO N° T0368-2024

SOLICITANTE : CARLOS CANCHO ROMANI
FLOR DIANA VENTURA CHAICO
TÍTULO DE TESIS: EFECTO DEL MARINADO, TIEMPO Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACION EN LA CALIDAD DE CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) TIPO JERKY"
CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

PRODUCTO DECLARADO : CARNE DE ALPACA FRESCA
NUMERO DE SOLICITUD : 0195-2024
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 300 g. POR CADA TRATAMIENTO
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICO QUIMICO (TEXTURA – FUERZA DE CORTE)
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 13 DE MAYO DE 2024
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 13 DE MAYO DE 2024
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 15 DE MAYO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

TRATAMIENTOS	PAPAÍNA (%)	NaCl (%)	TIEMPO DE MARINADO (min)	FUERZA DE CORTE (N)
1	0.02	2	40	16.68
2	0.01	1	40	22.98
3	0.03	1	40	19.05
4	0.01	3	40	21.5
5	0.02	2	40	16.68
6	0.03	3	40	18.6
7	0.01	2	20	25.12
8	0.03	2	20	24.01
9	0.02	2	40	16.68
10	0.01	2	60	27.01
11	0.03	2	60	20.09
12	0.02	1	20	26.05
13	0.02	2	40	16.68
14	0.02	3	20	20.42
15	0.02	1	60	19.51
16	0.02	3	60	20.32
17	0.02	2	40	16.68

METODO DE ENSAYO:

1. TEXTURA – FUERZA DE CORTE: POR TEXTUROMETRO

CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 15 DE MAYO DE 2024.

CENA S.A.C.

Ing. Blanca Roque Lima
CIP. 167375

Página 1 de 1

FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo

E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com

Tel: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244

FB. [cenasaclaboratorio@hotmail.com](https://www.facebook.com/cenasaclaboratorio)

<https://cenasaclab.com>

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Anexo G

Datos experimentales de la absorción del marinado en la carne de alpaca a diferentes tratamientos de concentración de papaína, NaCl y tiempo de marinado

Tratamientos	peso inicial (g)	peso final (g)	Tasa de absorción (%)
1	100.09	129.22	29.11
2	100.01	114.36	14.35
3	100.09	115.61	15.50
4	100.07	115.98	15.90
5	100.09	129.23	29.11
6	100.04	116.25	16.21
7	100.02	122.76	22.74
8	100.09	112.61	12.51
9	100.09	129.23	29.11
10	100.02	112.95	12.93
11	100.05	131.95	31.88
12	100.45	111.36	10.86
13	100.09	129.23	29.11
14	100.05	114.29	14.24
15	100.08	113.95	13.86
16	100.07	112.33	12.25
17	100.09	129.23	29.11

Anexo H

Resultados de la absorción del marinado en la carne de alpaca a diferentes tratamientos de concentración de papaína, NaCl y tiempo de marinado

Tratamientos	Papaína (%)	NaCl (%)	Tiempo de marinado (min)	Absorción del marinado (%)
1	0.02	2	40	29.11
2	0.01	1	40	14.35
3	0.03	1	40	15.50
4	0.01	3	40	15.90
5	0.02	2	40	29.11
6	0.03	3	40	16.21
7	0.01	2	20	22.74
8	0.03	2	20	12.51
9	0.02	2	40	29.11
10	0.01	2	60	12.93
11	0.03	2	60	31.88
12	0.02	1	20	10.86
13	0.02	2	40	29.11
14	0.02	3	20	14.24
15	0.02	1	60	13.86
16	0.02	3	60	12.25
17	0.02	2	40	29.11

Anexo I

Informe de resultados de fuerza de corte y color instrumental del jerky de alpaca (Tratamiento 1)

CENASAC
CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS SAC

INFORME DE ENSAYO N° 0416-2024

SOLICITANTE : CARLOS CANCHO ROMANI
FLOR DIANA VENTURA CHAICO

TÍTULO DE TESIS: EFECTO DEL MARINADO, TIEMPO Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACION EN LA CALIDAD DE CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) TIPO JERKY"

CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : TRATAMIENTO 1
NUMERO DE SOLICITUD : 0213-2024
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 100 g
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICO QUIMICO
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 28 DE MAYO DE 2024
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 28 DE MAYO DE 2024
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 01 DE JUNIO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANÁLISIS	RESULTADO
Color	L*47,29±3,25; a*7,10±0,88, b*13,05±1,55 Marrón pajizo
Textura – fuerza de corte (N)	75

METODO DE ENSAYO:
1. COLOR: COLOR CIELAB (CIE 1978 L*a*b*)/ INDICE ASTA.
2. TEXTURA: POR TEXTUROMETRO

CONDICIONES
Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 01 DE JUNIO DE 2024.

CENA S.A.C.

Ing. Blanca Roque Lima
CIP. 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Página 1 de 1
FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244
FB. cenasaclaboratorio@hotmail.com
<https://cenasaclab.com>

Anexo J

Informe de resultados de fuerza de corte y color instrumental del jerky de alpaca (Tratamiento 2)

CENASAC
CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS SAC

INFORME DE ENSAYO N° 0417-2024

SOLICITANTE : CARLOS CANCHO ROMANI
FLOR DIANA VENTURA CHAICO

TÍTULO DE TESIS: "EFECTO DEL MARINADO, TIEMPO Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACION EN LA CALIDAD DE CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) TIPO JERKY"

CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : TRATAMIENTO 2
NUMERO DE SOLICITUD : 0214-2024
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 100 g
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICO QUIMICO
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 28 DE MAYO DE 2024
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 28 DE MAYO DE 2024
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 01 DE JUNIO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANALISIS	RESULTADO
Color	L*49,75±3,05; a*7,55±0,95, b*13,90±1,80 Marrón pajizo
Textura – fuerza de corte (N)	79

METODO DE ENSAYO:
1. COLOR: COLOR CIELAB (CIE 1978 L*a*b*/ INDICE ASTA)
2. TEXTURA: POR TEXTURÓMETRO

CONDICIONES
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 01 DE JUNIO DE 2024.

CENA S.A.C.
Ing. Blanca Roque Lima
CIP. 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Página 1 de 1
FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244
FB. cenasaclaboratorio@hotmail.com
<https://cenasaclab.com>

Anexo K

Informe de resultados de fuerza de corte y color instrumental del jerky de alpaca (Tratamiento 3)



CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS SAC

INFORME DE ENSAYO N° 0418-2024

SOLICITANTE : CARLOS CANCHO ROMANI
FLOR DIANA VENTURA CHAICO

TÍTULO DE TESIS: EFECTO DEL MARINADO, TIEMPO Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACION EN LA CALIDAD DE CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA (Vicugna pacos) TIPO JERKY

CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO	:	TRATAMIENTO 3
NUMERO DE SOLICITUD	:	0215-2024
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA	:	100 g
CONDICIONES DE RECEPCION	:	ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO
ENSAYOS SOLICITADOS	:	FISICO QUIMICO
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	:	28 DE MAYO DE 2024
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	:	28 DE MAYO DE 2024
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS	:	01 DE JUNIO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANÁLISIS	RESULTADO
Color	L*58,15±3,18; a*3,20±0,58 b*14,90±1,56 Rojo pajizo
Textura – fuerza de corte (N)	60

METODO DE ENSAYO:
1. COLOR: COLOR CIELAB (CIE 1976 L*a*b*)/ INDICE ASTA)
2. TEXTURA: POR TEXTUROMETRO

CONDICIONES
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 01 DE JUNIO DE 2024.

CENA S.A.C.



Ing. Blanca Roque Lima
CIP: 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Página 1 de 1
FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo ■
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com ■
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244 ■
FB. cenasaclaboratorio@hotmail.com ■
<https://cenasaclab.com> ■

Anexo L

Informe de resultados de fuerza de corte y color instrumental del jerky de alpaca (Tratamiento 4)



INFORME DE ENSAYO N° 0419-2024

SOLICITANTE : CARLOS CANCHO ROMANI
FLOR DIANA VENTURA CHAICO
TÍTULO DE TESIS: EFECTO DEL MARINADO, TIEMPO Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACION EN LA CALIDAD DE CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA (Vicugna pacos) TIPO JERKY"

CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:

HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : TRATAMIENTO 4
NUMERO DE SOLICITUD : 0216-2024
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 100 g
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICO QUIMICO
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 28 DE MAYO DE 2024
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 28 DE MAYO DE 2024
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 01 DE JUNIO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANÁLISIS	RESULTADO
Color	L*60,25±3,85, a*4,15±0,65, b*15,15±1,88 Rojo pajizo
Textura – fuerza de corte (N)	57

METODO DE ENSAYO:

1. COLOR: COLOR CIELAB (CIE 1976 L*a*b*) Y INDICE ASTA).
2. TEXTURA: POR TEXTUROMETRO.

CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

• HUANCAYO, 01 DE JUNIO DE 2024.

CENA S.A.C.

Ing. Blanca Roque Lima
CIP. 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Página 1 de 1
FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com

Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244

FB. [cenasaclaboratorio@hotmail.com](https://www.facebook.com/cenasaclaboratorio)

[https://cenasaclab.com](https://www.cenasaclab.com)

Anexo M

Datos experimentales del hierro hemo del jerky de alpaca a diferentes condiciones de los tratamientos

Muestras	Condiciones de deshidratación (Hierro hemo)			
	T1	T2	T3	T4
M1	30.25	50.05	40.20	60.61
M2	30.59	50.63	40.67	60.10
M3	29.91	50.34	39.73	59.59
Promedio	30.25	50.34	40.20	60.10
D.E	0.34	0.29	0.47	0.51

Anexo N

pH del jerky de alpaca a diferentes de tratamientos de deshidratación

Muestras	T1	T2	T3	T4
M1	6.44	6.21	6.26	6.19
M2	6.39	6.23	6.27	6.18
M3	6.43	6.22	6.30	6.17
Promedio	6.42	6.22	6.28	6.18
D.E	0.03	0.01	0.02	0.01

Anexo O

Ficha de evaluación sensorial del jerky de alpaca



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA TIPO JERKY

Género: M ☐ F ☐ Fecha: Hora:

Edad: 16 – 21 años ☐ 22 -27 años ☐ 28–35 años ☐ más de 36 años ☐

INSTRUCCIONES:

Por favor, pruebe las muestras e indique su nivel de agrado utilizando los siguientes criterios de evaluación sensorial:

1. Criterios de evaluación sensorial

Atributos	Criterios de evaluación sensorial		
	1 - 3	4 - 6	7 - 10
Color	marrón / negro	marrón/amarrillo	marrón/rojizo
sabor	Amargo	Moderado	Agradable
Olor	Quemado	Moderado	Agradable
Textura	Duro	Moderado	Suave
Aceptabilidad General	Me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho

NOTA: Ingerir agua antes y después de degustar cada muestra

2. Valoración de atributos de calidad sensorial

Atributos de calidad sensorial	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Color				
Sabor				
Olor				
Textura				
Aceptabilidad General				

Fuente: Shi et al. (2021)

Observaciones:

.....

Gracias por su participación y por proporcionar su valiosa opinión.

Anexo P

Resultados de la evaluación sensorial del jerky de alpaca a diferentes condiciones de deshidratación (Tratamiento 1)

Jueces	Condición de deshidratación (T1)				
	Color	Sabor	Olor	Textura	A. General
1	5	5	5	1	5
2	10	6	6	3	4
3	8	5	5	4	6
4	1	2	1	3	2
5	8	7	7	3	4
6	8	9	6	6	6
7	2	4	4	2	1
8	9	5	7	5	6
9	8	7	6	5	7
10	9	7	6	6	7
11	8	8	10	6	5
12	6	5	6	5	7
13	7	4	4	1	4
14	9	5	6	4	4
15	8	4	6	2	3
16	9	5	4	1	3
17	7	1	4	1	1
18	7	4	4	3	4
19	7	5	4	3	5
20	6	4	6	4	4
Promedio	7.10	5.10	5.35	3.40	4.40
DE	2.27	1.89	1.79	1.73	1.82

Anexo Q

Resultados de la evaluación sensorial del jerky de alpaca a diferentes condiciones de deshidratación (Tratamiento 2)

Jueces	Condición de deshidratación (T2)				
	Color	Sabor	Olor	Textura	A. General
1	9	6	6	3	4
2	10	4	3	1	4
3	4	8	5	6	6
4	4	5	4	4	5
5	8	9	8	6	6
6	8	6	6	6	6
7	5	4	5	2	4
8	10	7	8	3	6
9	7	6	6	3	6
10	8	6	6	7	6
11	8	8	8	6	5
12	6	5	6	7	6
13	7	4	7	1	1
14	6	5	5	4	4
15	8	5	6	2	4
16	6	9	8	6	10
17	7	1	4	1	1
18	8	5	4	4	5
19	10	7	4	4	5
20	8	5	6	4	6
Promedio	7.35	5.75	5.75	4.00	5.00
DE	1.79	1.92	1.52	2.00	1.92

Anexo R

Resultados de la evaluación sensorial del jerky de alpaca a diferentes condiciones de deshidratación (Tratamiento 3)

Jueces	Condición de deshidratación (T3)				
	Color	Sabor	Olor	Textura	A. General
1	3	7	7	3	5
2	1	6	6	3	3
3	5	4	4	4	4
4	7	8	7	8	7
5	8	9	8	5	7
6	7	4	5	4	5
7	9	4	5	2	3
8	7	6	8	8	6
9	7	6	6	2	5
10	8	6	7	7	6
11	8	4	8	3	3
12	7	3	4	4	4
13	7	4	4	4	4
14	8	5	5	4	4
15	8	6	7	4	4
16	6	2	8	7	3
17	7	4	4	4	3
18	7	4	6	3	4
19	9	5	4	4	5
20	7	5	4	3	5
Promedio	6.80	5.10	5.85	4.30	4.50
DE	1.91	1.68	1.57	1.81	1.28

Anexo S

Resultados de la evaluación sensorial del jerky de alpaca a diferentes condiciones de deshidratación (Tratamiento 4)

Jueces	Condición de deshidratación (T4)				
	Color	Sabor	Olor	Textura	A. General
1	6	8	7	5	7
2	10	6	6	3	6
3	4	5	6	4	5
4	4	4	4	4	5
5	8	10	8	7	8
6	9	5	6	5	8
7	9	4	4	2	5
8	8	7	9	7	7
9	8	7	7	2	7
10	9	7	7	5	7
11	8	4	8	3	4
12	7	5	5	4	5
13	7	7	4	1	4
14	7	5	5	3	4
15	9	7	7	5	6
16	7	4	9	1	5
17	7	5	4	1	4
18	7	5	4	2	5
19	8	7	6	5	7
20	8	5	7	5	8
Promedio	7.50	5.85	6.15	3.70	5.85
DE	1.54	1.60	1.66	1.84	1.42

Anexo T

Informe de los resultados de proteína y grasa del jerky de alpaca



INFORME DE ENSAYO N° 0466-2024

SOLICITANTE : CARLOS CANCHO ROMANI
FLOR DIANA VENTURA CHAICO
TÍTULO DE TESIS: "EFECTO DEL MARINADO, TIEMPO Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACION EN LA CALIDAD DE CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) TIPO JERKY"

CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. -CENA S.A.C.-INFORMA:

HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA
NUMERO DE SOLICITUD : 0240-2024
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 200 g
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICO QUIMICO
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 05 DE JUNIO DE 2024
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 05 DE JUNIO DE 2024
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 11 DE JUNIO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (100 g)

ANALISIS	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Proteína	48,70 %	48,56 %
Grasa	2,15 %	2,18 %

METODO DE ENSAYO:

1. PROTEINA: NTP 201.021 2002 (REVISADA EL 2015) CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE PROTEINA
2. GRASA: NTP 201.016-2002 CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE GRASA TOTAL

CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 11 DE JUNIO DE 2024.

CENA S.A.C.

Ing. Blanca Roque Lima
CIP. 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Página 1 de 1

FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244
FB. [cenasaclaboratorio@hotmail.com](https://www.facebook.com/cenasaclaboratorio)
<https://cenasaclab.com>

Anexo U

Informe de los resultados de análisis microbiológico y actividad de agua del jerky de alpaca



INFORME DE ENSAYO N° 0467-2024

SOLICITANTE : CARLOS CANCHO ROMANI
FLOR DIANA VENTURA CHAICO
TÍTULO DE TESIS: EFECTO DEL MARINADO, TIEMPO Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACION EN LA CALIDAD DE CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) TIPO JERKY"

CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:

HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : CARNE DESHIDRATADA DE ALPACA
NUMERO DE SOLICITUD : 0241-2024
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 250 g
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO
ENSAYOS SOLICITADOS : MICROBIOLOGICO Y ACTIVIDAD DE AGUA
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 05 DE JUNIO DE 2024
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 05 DE JUNIO DE 2024
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 11 DE JUNIO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y ACTIVIDAD DE AGUA**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
Enumeración de <i>Staphylococcus aureus</i>	NMP/g	<10
<i>Clostridium Perfringens</i>	UFC/g	<10*
<i>Salmonella</i> sp.	Ausencia/25g	Ausencia
Actividad de agua		0.64±0.03

* Recuento estimado en placa

METODO DE ENSAYO:

1. ENUMERACION DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS: NTP 201.034
2. CLOSTRIDIUM PERFRINGENS: NTP 201.033
3. SALMONELLA SP.: ISO 6579
4. ACTIVIDAD DE AGUA POR ANALIZADOR DE ACTIVIDAD DE AGUA.

CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados. no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO. 11 DE JUNIO DE 2024.

CENA S.A.C.

Ing. Blanca Roque Lima
CIP: 167375

Página 1 de 1
FT-ENS-02/R03/2022-01-02
Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244
FB: cenasaclaboratorio@hotmail.com
<https://cenasaclab.com>

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Anexo V

Resultados de humedad y ceniza del jerky de alpaca

Muestras	Humedad	Ceniza
M1	17.6609	6.04
M2	17.3135	6.58
M3	18.721	6.25
M3	17.8333	6.45
Promedio	17.8800	6.43
D.E	0.60	0.24

Anexo W

Secuencia Fotográfica de la elaboración del jerky de alpaca



1. Deshuesado y desgrasado de la carne de alpaca



2. Fileteado de la carne de alpaca



3. Preparación del marinado de la carne de alpaca



4. Inyección e inmersión del marinado en la carne de alpaca



5. Marinado de carne de alpaca en refrigeración



6. Precocción de la carne de alpaca marinada



7. Deshidratación de la carne de alpaca marinada



8. Jerky de carne de alpaca



Preparación de las muestras para determinar hierro hemo del jerky de alpaca



Determinación de hierro hemo del jerky de alpaca por espectrofotometría



Determinar humeado de las muestras de carne de alpaca



Preparación de las muestras para determinar humeado y ceniza



Evaluación sensorial de la carne deshidratada de alpaca tipo jerky

Anexo X

Matriz de consistencia

“Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*vicugna pacos*) tipo jerky”

PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general ¿Cuál es el efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (<i>Vicugna pacos</i>) tipo jerky? Problemas específicos 1.¿Cuál es la composición proximal y característica fisicoquímica (pH, fuerza de corte y humedad/proteína) de la carne de alpaca para elaborar jerky? 2.¿Cuáles son las condiciones óptimas del marinado (concentración de papaína, concentración de NaCl y tiempo de marinado) que minimiza la fuerza de corte y maximiza la absorción del marinado en la carne de alpaca para elaborar jerky? 3.¿Cómo afecta las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) por aire caliente en multietapas en la fuerza de corte, color instrumental, el hierro hemo y pH del jerky de alpaca? 4.¿Cómo afecta las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) por aire caliente en multietapas en las características sensoriales (color, sabor, olor, textura y la aceptabilidad) del jerky de alpaca? 5.¿Cuál es la composición proximal, pH, humedad/proteína, actividad de agua (aw) y calidad microbiológica del jerky de alpaca en la mejor condición de deshidratación por aire caliente en multietapas?	Objetivo general Determinar el efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (<i>Vicugna pacos</i>) tipo jerky Objetivos específicos 1.Determinar la composición proximal y característica fisicoquímica (pH, fuerza de corte y humedad/proteína) de la carne de alpaca para elaborar jerky 2.Determinar las condiciones óptimas del marinado (concentración de papaína, concentración de NaCl y tiempo de marinado) que minimice la fuerza de corte y maximice la absorción del marinado en la carne de alpaca para elaborar jerky 3. Determinar el efecto de las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) por aire caliente en multietapas en la fuerza de corte, color instrumental, el hierro hemo y pH del jerky de alpaca 4. Evaluar el efecto de las condiciones de deshidratación (tiempo y temperatura) por aire caliente en multietapas en las características sensoriales (color, sabor, olor, textura y la aceptabilidad general) del jerky de alpaca 5. Determinar la composición proximal, pH, humedad/proteína, actividad de agua (aw) y calidad microbiológica del jerky de alpaca en la mejor condición de deshidratación por aire caliente en multietapas	1.VARIABLES INDEPENDIENTES 1.1.Tratamiento marinado X₁: Conc. de papaína según (Botinestean et al., 2021) X₁: Bajo 0.01-0.03 %) X₂: Conc. de NaCl según (Luckose et al., 2017) X₂: Bajo 1 % - Alto 2 %) X₃: Tiempo de marinado según (X. Zhang et al., 2023), X₃: Bajo 20 - Alto 0 min) 1.2. Tratamiento de deshidratación X₁: Tiempo y temperatura de deshidratación: 0.5 – 2.5 h/ 40 – 60 °C 2.VARIABLES DEPENDIENTES 2.1. En tratamiento marinado Y₁: Fuerza de corte (N) Y₂: Absorción del marinado (%) 2.2. En tratamiento deshidratación Y₁: Fuerza de corte (N) del jerky de alpaca Y₂: color instrumental (L* a*b*) del jerky de alpaca Y₃: hierro hemo del jerky de alpaca Y₄: pH del jerky de alpaca. -	Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Explicativo Diseño de investigación: Experimental La población: Carne de alpaca que se comercializa en el mercado Nery García. Muestra: 15 kg de carne de alpaca sometidos a tratamientos de marinado y deshidratación Composición proximal - proteína según (NTP 201.021, 2015), grasa (NTP 201.016, 2015), humedad y ceniza (AOAC, 2000) - Hierro hemo según (Liu et al., 2022; S. Shi, Zhao, et al., 2021) Características fisicoquímicas - pH según (Chen et al., 2016) - Fuerza de corte según (S. Shi, Zhao, et al., 2021) - Absorción del marinado según (Karatepe et al., 2023; O'Neill et al., 2019) - Color instrumental según (S. Shi, Zhao, et al., 2021). - Actividad de agua según (T. K. Kim et al., 2020) Características sensoriales - Utilizando la escala hedónica según (S. Shi, Feng, et al., 2021) Características microbiológicas - <i>Staphylococcus aureus</i> según (NTP201.034) - <i>Clostridium prefringens</i> (NTP 201.033) - <i>Salmonella sp</i> (ISO 6579). Técnicas de procesamiento y análisis de datos Diseño Box Behnken por statagraphics V19 en tratamiento marinado. DCA y DBCA por Minitab V19 en tratamiento de deshidratación, análisis de ANVA (nivel de significancia de 5 %), comparaciones múltiples de Tukey

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*) tipo jerky**Expositor: Carlos Cancho Romani**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**Expediente N° 2450959****Resolución Decanal N° 172-2024-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 27-08-2024**

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día jueves veintinueve de agosto del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Carlos Cancho Romani**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI y Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS, bajo la Presidencia del Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO (Presidente encargado), Mg. Juan Carlos PONCE RAMIREZ (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente (e) del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*) tipo jerky**, presentado por el Bachiller **Carlos Cancho Romani**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 172-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente (e) del Jurado invitó al Bachiller **Carlos Cancho Romani**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente (e) invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS, Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI y Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA. Luego el Presidente invitó al Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO, en su condición de Presidente.

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

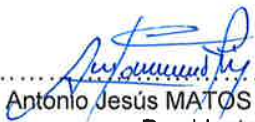
(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*) tipo jerky**Expositor: Carlos Cancho Romani**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**Expediente N° 2450959****Resolución Decanal N° 172-2024-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 27-08-2024**

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente (e) del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Carlos Cancho Romani**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo una de la tarde con veinte minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO
Presidente (e)
.....
Dr. Agustín Julian PORTUGUEZ MAURTUA
Miembro
.....
Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI
Miembro
.....
Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS
Miembro
.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*) tipo jerky**Expositora: Flor Diana Ventura Chaico**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2450959

Resolución Decanal N° 172-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 27-08-2024

En la Sala de Conferencias “Pedro VILLENA HIDALGO” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día jueves veintinueve de agosto del año dos mil veinticuatro, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Flor Diana Ventura Chaico**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI y Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS, bajo la Presidencia del Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO (Presidente encargado), Mg. Juan Carlos PONCE RAMIREZ (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente (e) del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*) tipo jerky**, presentado por la Bachiller **Flor Diana Ventura Chaico**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 172-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente (e) del Jurado invitó a la Bachiller **Flor Diana Ventura Chaico**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, el Presidente (e) invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS, Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI y Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA. Luego el Presidente invitó al Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO, en su condición de Presidente (e).

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

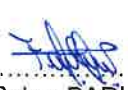
(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*) tipo jerky**Expositora: Flor Diana Ventura Chaico
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias****Expediente N° 2450959****Resolución Decanal N° 172-2024-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 27-08-2024**

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente (e) del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Flor Diana Ventura Chaico**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo una de la tarde con veinte minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO
Presidente (e)
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Miembro
Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI
Miembro
Mg. Julio Pablo CODENZI VARGAS
Miembro
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA
Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias
AVENIDA INDEPENDENCIA S/N CIUDAD UNIVERSITARIA
E-mail: ep.alimentarias@unsch.edu.pe Teléfono - 066- 312340
AYACUCHO - PERÚ

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, el Sr. Carlos CANCHO ROMANI y Srta. Flor Diana VENTURA CHAICO egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias han remitido, con el aval y por intermedio de su asesor el Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ, la Tesis: Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (*Vicugna pacos*) tipo jerky; y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 7% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha setiembre 26 de 2024 e Identificador de la Entrega N° 2466210180.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, setiembre 26 de 2024.

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia
EP Ingeniería en Industrias Alimentarias
Dr. Alberto L. HUAMANI HUAMANI
DIRECTOR

c.c. : Archivo.
Constancia N° 603

Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (Vicugna pacos) tipo jerky

por Carlos Cancho Romani Y Flor Diana Ventura Chaico

Fecha de entrega: 26-sep-2024 09:19a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2466210180

Nombre del archivo: TESIS_RECORTADO_CANCHO_Y_VENTURA.pdf (3.32M)

Total de palabras: 24059

Total de caracteres: 111422

Efecto del marinado, tiempo y temperatura de deshidratación en la calidad de carne deshidratada de alpaca (Vicugna pacos) tipo jerky

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

INDICE DE SIMILITUD

7 %

FUENTES DE INTERNET

2 %

PUBLICACIONES

1 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1 %

2

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1 %

3

es.scribd.com

Fuente de Internet

1 %

4

repositorio-aberto.up.pt

Fuente de Internet

1 %

5

repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

6

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

7

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

8

eprints.ucm.es

Fuente de Internet

<1 %

9	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	JADER RODRIGUEZ CORTINA. "CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA INTENSIFICACION DEL PROCESO DE SECADO DE TOMILLO (Thymus Vulgaris L.): APLICACIÓN DE ULTRASONIDOS DE POTENCIA Y SECADO INTERMITENTE", Universitat Politecnica de Valencia, 2013 Publicación	<1 %
12	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
13	www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
14	Janaina Sánchez García. "Desarrollo y caracterización de nuevas harinas de lenteja y quinoa fermentadas con Pleurotus ostreatus", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
15	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
16	vdocumento.com Fuente de Internet	<1 %
repositorio.unh.edu.pe		

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words