

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



TESIS

**“PROPORCIÓN DE GRASA/TARWI (*Lupinus mutabilis*) Y TIEMPO DE AMASADO
EN LA ELABORACIÓN DE HAMBURGUESA DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)
EVALUANDO SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS”**

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la Bachiller:
MARÍA GRACIELA CALLIRGOS ATALAYA

Asesores:
Dr. JOSÉ GERARDO SALHUANA GRANADOS
Ing. Mtr. WILLIAM MINCHÁN QUISPE

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
María Graciela Callirgos Atalaya
DNI: 41892192
Escuela Profesional/Unidad UNC:
Ingeniería en Industrias Alimentarias
 2. Asesores:
Dr. José Gerardo Salhuana Granados
Ing. Mtr. William Minchán Quispe
Facultad/Unidad UNC:
De Ciencias Agrarias
 3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
 4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
 5. Título de Trabajo de Investigación:
"Proporción de grasa/tarwi (*Lupinus mutabilis*) y tiempo de amasado en la elaboración de hamburguesas de tilapia (*oreochromis niloticus*) evaluando sus características físicas".
 6. Fecha de evaluación: 29/06/2025
 7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
 8. Porcentaje de Informe de Similitud: 10%
 9. Código Documento: 3117:470538525
 10. Resultado de la Evaluación de Similitud: 10%
- APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 29/06/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 _____ Dr. José Gerardo Salhuana Granados DNI: 07797881

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

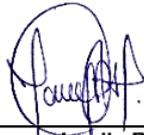
En la ciudad de Cajamarca, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 676-2024-FCA-UNC, de fecha 16 de diciembre del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"PROPORCIÓN DE GRASA/TARWI (*Lupinus mutabilis*) Y TIEMPO DE AMASADO EN LA ELABORACIÓN DE HAMBURGUESA DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EVALUANDO SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS"**, realizada por la Bachiller **MARÍA GRACIELA CALLIRGOS ATALAYA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las diez horas y treinta minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

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



Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
PRESIDENTE



Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachin Chávez
SECRETARIO



Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
VOCAL



Dr. José Gerardo Sahuana Granados
ASESOR



Ing. Mtr. William Minchán Quispe
ASESOR

DEDICATORIA

A mi padre Eduardo quién me apoyó hasta el último día de su vida, hace poco estuviste con nosotros, Dios así lo quiso, hoy te dedico este gran logro hasta el cielo, querido papá, sé que donde estés, estarás muy orgulloso de mí y seguirás guiando mi camino, el beso y abrazo quedará pendiente.

A mi madre Rosario por ser otro pilar fundamental en mi vida, quien a cada momento junto con mi padre me impulsaron a culminar este proyecto pendiente.

A mi hijo Juan Eduardo, quien con su alegría y cariño me motiva en mi realización profesional.

A mi abuelita María, que es mi otro ángel de la guarda.

Graciela

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme iluminado a concluir con este proyecto pendiente, a pesar de las adversidades, a mis asesores William y José, por el apoyo incondicional.

Graciela

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE GENERAL	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 Formulación del problema (pregunta de investigación).....	15
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo General.....	16
1.4.2 Objetivos Específicos.....	16
1.5 Hipótesis.....	16
1.5.1 Hipótesis de Investigación.....	16
1.5.2 Hipótesis Específicas.....	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1 Antecedentes.....	17
2.2 Bases teóricas.....	21
2.2.1 Carne.....	21
2.2.2 Grasa de Cerdo.....	25
2.2.3 Composición de grasa.....	25
Tabla 1 <i>Composición nutricional de la grasa</i>	26
2.2.4 Características de la grasa de cerdo.....	27
2.2.5 Tilapia.....	27
2.2.5.1 Composición nutricional de la tilapia. La carne tilapia es un alimento completo en su contenido nutricional, ya que presenta un porcentaje de proteína que se puede considerar en términos de equilibrio óptimo para una buena alimentación (Marsiglia-Fuentes et al., 2020).....	27
Tabla 2 <i>Contenido de humedad, cenizas, grasa total y proteína total de las especies de pescado de producción de agua dulce (g/100g)</i>	28
2.2.6 Harina de Tarwi.....	28
2.2.7 Composición nutricional del Tarwi.....	28

Tabla 3 <i>Composición química del tarwi.</i>	29
Tabla 4 <i>Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos totales)</i>	30
2.2.8 Composición nutricional del Tarwi	30
2.2.9 Productos cárnicos picados y reformados crudos.....	31
2.2.10 Tecnología de la hamburguesa	33
2.2.11 Características físicas de las hamburguesas	35
2.3 Definición de Términos.....	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1 Ubicación.....	40
Figura 1 <i>Mapa de ubicación</i>	40
3.2 Materiales e insumos	40
3.2.1 Materias primas e insumos.....	40
3.2.2 Materiales de elaboración	41
3.2.3 Materiales de análisis	41
3.2.4 Equipos de laboratorio	42
3.2.5 Reactivos.....	42
3.3 Metodología.....	42
Tabla 5 <i>Tratamientos en estudio.</i>	43
Tabla 6 <i>Factores, niveles y tratamientos en estudio.</i>	44
Figura 3 <i>Flujograma del proceso de elaboración</i>	46
Figura 4 <i>Acondicionamiento de la materia prima.</i>	47
Figura 5 <i>Molienda de los filetes de tilapia</i>	48
Figura 6 <i>Integración de los componentes</i>	49
Figura 7 <i>Moldeado de las hamburguesas</i>	49
Figura 8 <i>Pesado de la hamburguesa cocida</i>	50
Figura 9 <i>Determinación del diámetro de la hamburguesa cruda y cocida</i>	51
Figura 10 <i>Determinación de la grasa de la hamburguesa cruda y cocida</i>	53
Figura 11 <i>Determinación de la humedad</i>	54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
Figura 12 <i>Rendimiento en cocción de la hamburguesa con respecto a la proporción</i>	55
Tabla 7 <i>Análisis de Varianza para el rendimiento de cocción con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.</i>	56
Figura 13 <i>Pareto estandarizado para Rendimiento de Cocción (RC)</i>	57
Figura 14 <i>Efectos principales para Rendimiento de Cocción (RC)</i>	57
Figura 15 <i>Superficie de respuesta estimada para Rendimiento de Cocción (RC)</i>	58
Tabla 8 <i>Análisis de Varianza para Reducción del Diámetro con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.</i>	60

Figura 17 Pareto estandarizado para Reducción del Diámetro (RD).....	61
Figura 18 Efectos principales para Reducción del Diámetro (RD).....	61
Figura 19 Superficie de respuesta estimada para Reducción del Diámetro (RD).....	62
Tabla 9 Análisis de Varianza para Retención de la Grasa con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.	64
Figura 22 Efectos principales para Retención de la Grasa (RG).....	66
Figura 23 Superficie de respuesta estimada para Retención de la Grasa (RG).....	67
Tabla 10 Análisis de Varianza para Retención de Humedad con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.	68
V. CONCLUSIONES	74
VI. RECOMENDACIONES	75
VII. BIBLIOGRAFÍA	76
VIII. ANEXO	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición nutricional de la grasa</i>	26
Tabla 2 <i>Contenido de humedad, cenizas, grasa total y proteína total de las especies de pescado de producción de agua dulce (g/100g)</i>	28
Tabla 3 <i>Composición química del tarwi.</i>	29
Tabla 4 <i>Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos totales)</i>	30
Tabla 5 <i>Tratamientos en estudio.</i>	43
Tabla 6 <i>Factores, niveles y tratamientos en estudio.</i>	44
Tabla 7 <i>Análisis de Varianza para el rendimiento de cocción con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.</i>	56
Tabla 8 <i>Análisis de Varianza para Reducción del Diámetro con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.</i>	60
Tabla 9 <i>Análisis de Varianza para Retención de la Grasa con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.</i>	64
Tabla 10 <i>Análisis de Varianza para Retención de Humedad con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.</i>	68
Tabla 11 <i>Factores óptimos de proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado</i>	72
Tabla 12 <i>Optimización de las variables de respuesta</i>	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de ubicación</i>	40
Figura 2 Diagrama del diseño experimental	45
Figura 3 <i>Flujograma del proceso de elaboración</i>	46
Figura 4 <i>Acondicionamiento de la materia prima.</i>	47
Figura 5 <i>Molienda de los filetes de tilapia</i>	48
Figura 6 <i>Integración de los componentes</i>	49
Figura 7 <i>Moldeado de las hamburguesas</i>	49
Figura 8 <i>Pesado de la hamburguesa cocida</i>	50
Figura 9 <i>Determinación del diámetro de la hamburguesa cruda y cocida</i>	51
Figura 10 <i>Determinación de la grasa de la hamburguesa cruda y cocida</i>	53
Figura 11 <i>Determinación de la humedad</i>	54
Figura 12 <i>Rendimiento en cocción de la hamburguesa con respecto a la proporción</i>	55
Figura 13 <i>Pareto estandarizado para Rendimiento de Cocción (RC)</i>	57
Figura 14 <i>Efectos principales para Rendimiento de Cocción (RC)</i>	57
Figura 15 <i>Superficie de respuesta estimada para Rendimiento de Cocción (RC)</i>	58
Figura 16 Reducción del diámetro de la hamburguesa con respecto al tiempo de amasado ..	59
Figura 17 <i>Pareto estandarizado para Reducción del Diámetro (RD)</i>	61
Figura 18 <i>Efectos principales para Reducción del Diámetro (RD)</i>	61
Figura 19 <i>Superficie de respuesta estimada para Reducción del Diámetro (RD)</i>	62
Figura 20 Retención de grasa	63
Figura 21 Pareto estandarizado para Retención de la Grasa (RG)	65
Figura 22 <i>Efectos principales para Retención de la Grasa (RG)</i>	66
Figura 23 <i>Superficie de respuesta estimada para Retención de la Grasa (RG)</i>	67
Figura 24 Retención de humedad	68

Figura 25 Pareto estandarizado para Retención de Humedad (RH)	70
Figura 26 Efectos principales para Retención de Humedad (RH).....	70
Figura 27 Superficie de respuesta estimada para Retención de Humedad (RH).....	71
Figura 28 Superficie de respuesta estimada para deseabilidad.....	73

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la EP de ingeniería en Industrias Alimentarias, tuvo como objetivo incorporar harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en lugar de grasa de cerdo a diferentes tiempos de amasado en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) evaluando sus características físicas que son: rendimiento de cocción (RC), reducción de diámetro (RD), retención de grasa (RG) y retención de humedad (RH); se utilizó una metodología experimental con un diseño estadístico DCA de 3^2 con 9 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados para la proporción de grasa/tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) fueron de 41.0 % con un rendimiento de cocción optimizado del 90.8 %; 20 % con una reducción de diámetro optimizado de 4.8 %; 20 % con una retención de grasa optimizada del 179.0 % y 46.4 % de retención de humedad optimizada del 53.9 %. Mientras que para el tiempo de amasado en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) fueron de: 9 minutos con un rendimiento de cocción optimizado del 90.8 %; 3 minutos con una reducción de diámetro optimizado de 4.8 %; 9 minutos con una retención de grasa optimizada del 179.0 % y 9 minutos de retención de humedad optimizada del 53.9 %. Se concluye que la proporción de grasa/tarwi (*Lupinus mutabilis*) optimizado es de 20.238 %, con un tiempo de amasado de 9 minutos; con valores óptimos de 88.6116 % para el Rendimiento de Cocción (RC), 0.986446 % en la Reducción del Diámetro (RD), 178.022 % en la Retención de la Grasa (RG) y 51.3352 % en la Retención de Humedad (RH).

Palabras claves: Hamburguesa. Rendimiento de cocción. Reducción de diámetro, Retención de grasa y Retención de humedad.

ABSTRACT

This research was conducted at the School of Food Industry Engineering with the aim of incorporating tarwi flour (*Lupinus mutabilis*) instead of pork fat at different kneading times in the preparation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) burgers. The physical characteristics evaluated were: cooking yield (CY), diameter reduction (DR), fat retention (FR), and moisture retention (MR). An experimental methodology with a DCA statistical design of 3^2 with 9 treatments and 3 repetitions was used. The results for the fat/tarwi (*Lupinus mutabilis*) proportion in the preparation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) burgers were 41.0% with an optimized cooking yield of 90.8%; 20% with an optimized diameter reduction of 4.8%; 20% with an optimized fat retention of 179.0%; and 46.4% with an optimized moisture retention of 53.9%. For the kneading time in the preparation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) burgers, the results were 9 minutes with an optimized cooking yield of 90.8%; 3 minutes with an optimized diameter reduction of 4.8%; 9 minutes with an optimized fat retention of 179.0%; and 9 minutes with an optimized moisture retention of 53.9%. It is concluded that the optimized fat/tarwi (*Lupinus mutabilis*) proportion is 20.238%, with a kneading time of 9 minutes; with optimal values of 88.6116% for Cooking Yield (CY), 0.986446% for Diameter Reduction (DR), 178.022% for Fat Retention (FR), and 51.3352% for Moisture Retention (MR).

Keywords: Burger, Cooking Yield, Diameter Reduction, Fat Retention, and Moisture Retention.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Los cambios en el estilo de vida y los nuevos hábitos están transformando las tendencias de consumo en la industria alimentaria. Nos enfrentamos a hogares más pequeños, una mayor concentración de la población en las urbes; y una mayor conciencia sobre la importancia de mantener una dieta balanceada para evitar problemas de salud, determinado un nuevo perfil del consumidor (Olivares Bello, 2019).

La investigación busca generar valor a las especies de la acuicultura de agua dulce, como la tilapia que se produce principalmente en la Zona Norte de la Región Cajamarca, el uso de su carne es favorable por sus características de firmeza, calidad, color y composición nutricional con valores de proteína de 18.4 hasta 20.8 % de alto valor biológico (Perea et al., 2008), que actualmente es desaprovechada y en campañas altas de producción se pierde en los centros acuícolas.

Por otro lado, el tarwi es una legumbre andina con gran potencial para ser consumido masivamente por el ser humano por el alto contenido en proteínas y grasas siendo un buen alimento (Carhuallanqui et al., 2022). El tarwi se caracteriza por presentar un perfil nutricional muy rico, ya que es una buena fuente de lípidos y proteínas, siendo esta última mayor en comparación a otras legumbres y especies de altramuces (Quiroga, 2020), por esta razón se usó carne de tilapia, harina de tarwi, sustituyendo parte de la grasa en la formulación de hamburguesas como alternativa de un nuevo producto más nutritivo para el consumidor y generando ingresos económicos en los acuicultores y agricultores.

1.2 Formulación del problema (pregunta de investigación)

¿Cuál es la proporción de grasa/tarwi (*Lupinus mutabilis*) y tiempo de amasado en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) evaluando sus características físicas?

1.3 Justificación

Las tendencias en la alimentación en la última década indican un interés de los consumidores hacia la comida rápida entre ellas las hamburguesas, que muchas de ellas son elaboradas con materias primas tradicionales las que generando problemas en la salud reflejada en el sobrepeso y obesidad que son consecuentes del mal estilo de vida. La presente investigación pretende desarrollar una pasta cárnica (hamburguesa), con materias primas como la tilapia y la harina de tarwi, desarrollando un producto que contribuya a la diversificación de las fuentes de proteínas y a la reducción de la dependencia de materias primas cárnicas, presentando producto con alto valor biológico y tecnológicamente funcional.

La investigación tiene utilidad tecnológica de aporte en la formulación de hamburguesas con proteínas de origen hidrobiológico y vegetal de alto valor nutritivo, y en las operaciones unitarias para hacer innovación en los procesos de producción y máquinas en la elaboración de hamburguesas; lo que contribuye a la sostenibilidad y la seguridad alimentaria, generando una mayor demanda de tilapia en el mercado, incrementando su cultivo, empleo en comunidades rurales ubicadas en zonas sierra y selva principalmente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar la proporción de grasa/tarwi (*Lupinus mutabilis*) y tiempo de amasado en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) evaluando sus características físicas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer la proporción de grasa/tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) evaluando sus características físicas.
- Determinar el tiempo de amasado en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) evaluando sus características físicas.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis de Investigación

El reemplazo de 40% de tarwi por grasa de cerdo y un tiempo de 6 minutos de amasado en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) influyen en sus características físicas.

1.5.2 Hipótesis Específicas

- El reemplazo de 40 % de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) influyen en sus características físicas.
- El tiempo de 6 minutos de amasado en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) influyen en sus características físicas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

García et al., (2012) en su investigación “*Evaluación físico-química de carnes para hamburguesas bajas en grasas con inclusión de harina de quinchoncho (Cajanus cajan) como extensor*” el objetivo de la investigación consistió evaluar el efecto de la sustitución de diferentes niveles de grasas en distintas proporciones de harinas de *Cajanus cajan* en carnes para hamburguesas para emulsificar y estabilizar el producto. Se estableció cuatro formulaciones diferentes de 0; 20; 40 y 60 % de inclusión de harina de quinchoncho por la grasa en la hamburguesa de res, con cuatro repeticiones, para un total de 16 unidades experimentales. A éstas se les realizó los siguientes análisis físicos: rendimiento de cocción (RC), reducción del diámetro (RD), retención de grasa (RG) y retención de humedad (RH). Se concluye que la carne de res para hamburguesa con inclusión de harina de *Cajanus cajan* proporciona una respuesta tecnológica excelente y una alternativa de presentación que mejora las características físicas del producto. De la investigación se tomó en cuenta la metodología para ciertos análisis físicos.

Palacios, (2021) en su investigación “*Elaboración de hamburguesa de pescado formulada con pulpa de bonito (Sarda chiliensis chiliensis) y alga roja (Chondracanthus chamissoi) en el Puerto de Ilo 2021*”, Se elaboraron 03 tipos de formulaciones de hamburguesas con el uso de pulpa de bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) y algas rojas (*Chondracanthus chamissoi*), en las siguientes proporciones: T1= (P 75%, A 25%), T2= (P 50%, A 50%), y T3= (P 25%, A 75%). Las hamburguesas fueron congeladas, empacadas y almacenadas para las pruebas. Esta investigación servirá como referencia para tomar los porcentajes de tipia en la elaboración de hamburguesa.

Ruiz Muñoz, (2020) en la investigación “*Evaluación sensorial de hamburguesas al sustituir parcialmente carne y grasa de cerdo (*Sus scrofa*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*)*” se realizaron cuatro tratamientos, Muestra control (0 %), Formulación 1 (10 %), Formulación 2 (20 %), Formulación 3 (30 %), de sustitución parcial de carne y grasa de cerdo por harina de tarwi. De la investigación se tomaron como referencia parte de la formulación y propiedades físicas.

Ali et al., (2019) en su investigación “*Evaluation of tilapia fish burgers as affected by different replacement levels of mashed pumpkin or mashed potato*”, utilizó puré de calabaza o puré de patatas para la formulación de la hamburguesa. Se evaluaron las características de cocción, y las propiedades físicas de las hamburguesas de pescado de tilapia. Encontrando como resultado el rendimiento de cocción de las hamburguesas de pescado formuladas con un 15 - 20 % de puré de calabaza o puré de papa se redujeron entre un 7,99 % - 12,31 % y 2,80 % - 4,48 %, respectivamente. Sin embargo, la retención de grasa y la dureza aumentaron entre un 4,48 % - 5,34 % y entre un 19,83 % y un 26,61 %, respectivamente. Esta investigación nos permite comparar resultados de algunas características físicas como rendimiento de cocción, grasa y dureza.

Borbor Suarez, (2022) en su investigación “*Effect of chia seed (*Salvia hispanica L.*) on the utilization of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) patty meat*” en esta investigación se evaluó el efecto de la semilla de chía molida como agente espesante en carne para hamburguesa de camarón y si en efecto su incorporación mejora la textura del producto. Por medio de análisis sensorial e instrumental realizado en el texturómetro Brookfield se compararon las propiedades texturales en 3 diferentes porcentajes de harina de chía para la carne de hamburguesa de camarón frente a una convencional de las cuales coinciden

que el T2 (6 % de semilla de chía) posee mayor dureza y elasticidad a comparación de la muestra convencional, mientras que las propiedades de cohesividad y masticabilidad fueron difícil de identificar. Esta investigación permite plantear la metodología para medición del perfil de textura.

Pachekreapol et al., (2022) en su investigación *“Impact of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) on chemical, physical, microbiological and sensory characteristics of fish burger prepared from salmon and striped catfish filleting by-product”* concluyó que el uso del hongo ostra en la formulación de hamburguesas de pescado elaboradas a partir de subproductos del fileteado de salmón y bagre rayado ha demostrado ser una estrategia adecuada para obtener función tecnológica. La pérdida por descongelación y el rendimiento de cocción de los productos mejoraron con la sustitución de champiñones al 10 y 15 % (p/p) porque el contenido de polisacáridos en los champiñones podría mejorar la capacidad de retención de agua de los productos congelados. Las propiedades texturales se alteraron, especialmente la dureza, debido a que se retuvo más humedad cuando se agregó el hongo. Esta investigación nos permitió considerar los porcentajes de harina de tarwi en la formulación de hamburguesa.

Duman, (2022) en su investigación *“Nutritional value and sensory acceptability of fish burger prepared with flaxseed flour”* concluyó que la linaza es un valioso aditivo nutritivo debido a sus diversos compuestos biológicamente activos. Los resultados mostraron que la incorporación de harina de linaza en las hamburguesas de pescado redujo la pérdida de cocción de la hamburguesa y aumentó su valor energético. Esta investigación permitió considerar los porcentajes de harina de tarwi en la formulación de hamburguesa.

Hosseini Shekarabi et al., (2020) en su investigación “Physicochemical Properties, Electrophoretic Patterns, and Sensory Attributes of Fish Burger Incorporated with Shrimp, Camel, and Ostrich Meat” desarrollo hamburguesas de pescado incorporando diferentes tipos de carne picada. Para ello, se mezcló carne picada de carpa plateada con varias proporciones (25 %, 50 % y 75 %) de carne picada de camarón, camello y avestruz. Luego se evaluaron las propiedades físicas de las hamburguesas producidas. Los resultados mostraron que las propiedades físicas estaban influenciadas por las diferentes proporciones de carne de pescado con otros tipos de carne, incluidos camarones, camellos y avestruces picados. Los prototipos que contenían menos carne picada de pescado y más carne de otros recursos animales tienen mejores propiedades tecnológicas. La mejor fórmula de hamburguesas mezcladas se obtuvo en la hamburguesa con 25% de carne de carpa plateada más 75% de carne de avestruz de acuerdo con las mayores propiedades texturales, atributos sensoriales y contenido de proteína cruda. Esta investigación permitió considerar parte de los porcentajes de carne de tilapia en la formulación de hamburguesa.

Kos et al., (2023) en su investigación “*Physical and sensory properties of burgers affected by different dry ageing time of beef neck*”, el objetivo fue determinar los efectos de la maduración en seco sobre los indicadores de rendimiento y calidad física del cuello de res, tanto como determinar las características sensoriales de las hamburguesas. Las hamburguesas se prepararon a partir de carne de cuello molida (73,9 %) y grasa (24,6 %), a los que se añadió un 1,2 % de sal marina y un 0,3 % de pimienta negra molida. A continuación, hamburguesas con una masa única de 150 g se trataron térmicamente en un horno de convección y vapor a una temperatura de 230 °C hasta alcanzar la temperatura interna de 64 °C. Después del tratamiento térmico, las hamburguesas se pesaron nuevamente para calcular la pérdida de masa por cocción y se midió su diámetro en dos

dimensiones perpendiculares para calcular la reducción del área superficial. Se observó una pérdida de masa por cocción significativamente menor en el grupo Z-21 (26,52 %) en comparación con el grupo Z-7 (31,31 %), pero no se encontró una diferencia significativa en la reducción de la superficie de la hamburguesa. La investigación aporta a la metodología y parámetros de cocción de las hamburguesas.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Carne

Según la Norma Técnica Peruana: NTP 201.05.2008, la carne es la parte muscular de la canal o carcasa formado por el tejido blando que rodea el esqueleto, incluyendo su grasa, tendones, vasos, nervios y aponeurosis.

Los factores que determinan la calidad de la carne son según Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca (Horcada, 2010), son:

La composición química de la carne. Hace referencia al contenido de agua, proteína, grasa y cenizas. Estas fracciones son más o menos variables dependiendo de la especie, de la raza, del plano de alimentación de los animales e incluso de la pieza carnicera. En general, los valores medios para la composición bruta de la carne comestible de la carne fresca pueden aproximarse a 62 % de humedad, 20 % de grasa, 17 % de proteína y 1 % de cenizas para las carnes más grasas o 70 % de humedad, 9 % de grasa, 20 % de proteína y 1% de cenizas en el caso de las carnes más magras

pH. Es una característica química que evoluciona durante la conversión del músculo en carne durante los procesos postmortem. En el animal vivo, el valor de pH del músculo se encuentra entre los valores considerados neutros (6,7 y 7,2). Tras la muerte del animal, se interrumpe la circulación sanguínea y en consecuencia el aporte de oxígeno al músculo, así como de otros elementos nutritivos. Al mismo tiempo se produce un fallo de

la regulación hormonal y nerviosa de las estructuras musculares. Por otro lado, en el músculo continúa alguna actividad enzimática que genera una degradación del ATP (elemento energético del músculo) hasta casi su total desaparición. Esta situación se caracteriza por la ausencia de oxígeno, y ante la persistente demanda de energía por parte del músculo, toma importancia la ruta glicolítica que en último término degrada las reservas de glucosa del músculo para la obtención de energía. La consecuencia de esta situación es el incremento de la concentración de ácido láctico en el medio muscular, y en consecuencia un descenso del valor de pH. Esta última situación transforma el músculo en carne, transcurridas 24 horas desde el sacrificio de los animales el valor de pH en el músculo que da lugar a un pH aproximado de 5,5. Las alteraciones en el valor de pH final de la carne está asociado con episodios de estrés de los animales ocasionado fundamentalmente por el transporte de los animales al matadero. Por ello valores elevados de pH determinados a las 24 horas del sacrificio (cerca de 6) se asocian con carnes de corte oscuro, firme y seco (carnes DFD). Por otro lado, los valores de pH bajos (cerca de 5) se asocian a carnes pálidas, blandas y exudativas (carnes PSE). Otro elemento como la raza, la edad de los animales y el propio factor individuo pueden afectar el pH de la carne. (Prieto & Carballo, 2009)

El color. El color de la carne depende del contenido de pigmentos (fundamentalmente mioglobina), del estado químico de esta molécula, del estado físico de las proteínas musculares y de la proporción de grasa de infiltración (Forrest et al., 1979). Otros pigmentos (citocromos y flavinas) procuran color a la carne, pero el contenido de pigmento hemínico, la mioglobina, supone el 95 % del total de pigmentos. La mioglobina es una proteína globular de elevado peso molecular (17 kD) y su función es la de facilitar el aporte de oxígeno a la fibra muscular. Dicha molécula consta de un grupo proteico globular y de un núcleo de hematina que incluye un átomo de hierro. La valencia del átomo

de hierro y las moléculas asociadas a los enlaces libres de la molécula determinan las diferencias de color de la carne. Así, se pueden describir tres estados químicos de la molécula de mioglobina. En el interior de la carne, donde la presión parcial de oxígeno es baja, la mioglobina se encuentra en estado reducido (Fe^{++}) (Mb) confiriendo a la carne coloración rojo púrpura. La captación de una molécula de oxígeno se manifiesta en la coloración rojo brillante de la oximioglobina (MbO_2), característica de la superficie de la carne fresca. El tercer estado químico de la mioglobina, la metamioglobina (MMb) se produce por la oxidación del átomo de hierro (Fe^{+++}). Este estado procura a la carne un color pardo característico rechazado por el consumidor. Durante el momento de la compra de la carne, el consumidor valora la coloración rojo brillante, asociada fundamentalmente a la presencia de MbO_2 . Manteniendo la misma concentración de pigmentos, las propiedades ópticas de la carne pueden diferir dependiendo de la estructura y del estado físico de las miofibrillas musculares. Los valores de pH elevados, alejados del valor 5,5, favorecen la estructura abierta del músculo y con ello una mayor difusión de la luz entre las miofibrillas musculares, confiriendo a la carne el aspecto de corte oscuro. Los valores de pH bajos, cercanos a 5, confieren a la carne una estructura cerrada en la que se observa mayor reflexión de la luz por la superficie muscular y con ello apariencia más clara. En la apreciación que tiene el consumidor del color de la carne también influye el grado de infiltración grasa (marmoleo). Estudios realizados sobre el color de la carne (Barton-Gade, 1981) señalan que valores superiores al 2,5 % de contenido de grasa de infiltración se relacionan con un aumento de la reflectancia de la luz y en consecuencia proporcionan un aspecto más claro a la carne.

Capacidad de retención de agua. La capacidad de retención de agua (CRA) según Leal-Gutiérrez & Jiménez-Robayo, (2015) la capacidad que tiene la carne para retener agua constitutiva durante la aplicación de fuerzas externas o de tratamiento. Esta

propiedad afecta a aspectos cualitativos en la carne como son la retención de vitaminas, minerales o las sales, y cuantitativos como puede ser el volumen de agua retenida. Los músculos que pierden agua con facilidad son más secos, presentan pérdidas de peso durante la refrigeración, el almacenamiento, el transporte y la comercialización, así como cambios sustanciales en su composición. Paralelamente, su comercialización se dificulta al alterar su aspecto. También, y desde el punto de vista de las cualidades tecnológicas de la carne, la excesiva pérdida de agua dificulta, por ejemplo, las labores de salazón en la elaboración de productos cárnicos. La carne que retiene excesivamente el agua resulta ser más susceptible a la contaminación bacteriana y se percibe como seca. La distribución del agua en el músculo depende de la interacción proteína-agua y de la interacción proteína-proteína de los espacios del retículo proteico muscular donde se albergan las moléculas de agua (efecto estérico). Aproximadamente, el 70 % del agua constitutiva de la carne fresca se encuentra en las miofibrillas musculares, el 20 % en el sarcoplasma y el resto en el tejido conjuntivo.

Del total de agua del músculo, un 4 - 5 % se encuentra sólidamente asociada a los grupos polares de la proteína y se le conoce como “agua ligada”. Este grado de unión depende de la solubilidad proteica, del estado de las proteínas miofibrilares y del pH. Así, el agua ligada permanece fuertemente unida a las proteínas incluso cuando se aplican fuerzas externas e intensas al músculo. El agua que se mantiene unida a la estructura del músculo únicamente por fuerzas superficiales se denomina “agua libre” y es fácilmente expulsada del músculo al aplicar una fuerza externa, como por ejemplo la masticación.

Textura. La textura de la carne se percibe como un conjunto de sensaciones táctiles resultado de la interacción de los sentidos con las propiedades físicas y químicas de la carne. Entre ellas se incluyen la densidad, la dureza, la plasticidad, la elasticidad, la consistencia, la cantidad de grasa, la humedad y el tamaño de las partículas de la carne.

De todas ellas, la dureza es uno de los primeros criterios determinantes de la calidad de la carne para el consumidor. La dureza se puede definir como la capacidad de la carne para dejarse cortar y masticar. A ella contribuyen principalmente tres tipos de proteínas musculares: las del tejido conjuntivo (colágeno, elastina y reticulina), las miofibrilares (actina y miosina) y las sarcoplásmicas. Otros componentes como son el contenido de grasa de infiltración, la estructura del tejido conjuntivo, el tamaño de los haces musculares, el estado de rigidez y la capacidad de retención de agua también afectan a la dureza de la carne. De entre ellas, la naturaleza y el contenido de colágeno son los factores que contribuyen en mayor medida a la dureza de la carne.

2.2.2 *Grasa de Cerdo*

La grasa animal corresponde al tejido adiposo de la canal o carcasa (INACAL, 2023), la que tiene su origen en las células indiferenciadas mesenquimatosas que se diferencian en adipoblastos para constituir los adipocitos o células grasas que constituyen el tejido graso. La grasa en el cerdo se puede depositar a cuatro niveles: las cavidades corporales, la zona subcutánea y la localización inter e intramuscular (Ruíz et al., 2004)

Son esteres de ácidos monocarboxílicos, que generalmente llevan una larga cadena de hidrocarburos (glicerol o propanotriol). Es un conjunto de moléculas orgánicas, que son insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos apolares (Cloroformo, éter, benceno y etanol). Los lípidos son moléculas pequeñas que están asociadas por una fuerza no covalente (Melo & Cuamatzi, 2007).

2.2.3 *Composición de grasa*

La manteca de cerdo tiene un contenido en grasas igual a 99,5 g por 100 g de porción comestible. Aunque la composición de la manteca de cerdo varía con la especie, la alimentación y la estación del año en que se obtiene, ésta tiene un porcentaje importante de grasa saturada. En esencia, se puede decir que es una mezcla de estearina y palmitina,

aunque también tiene oleína.

En la Tabla 1 se muestra la composición nutricional de la grasa de cerdo, donde se observa que el 42.96 % corresponden a AG saturados, 39.23 % a AG monoinsaturados, 15.56 % AG poliinsaturados, 1.390 % son Omega-3 (g) y 13.193 % son C18:2 Linoleico (v-6), haciendo un total de 99.5 % de lípidos.

Tabla 1

Composición nutricional de la grasa

	Por 100 g de porción comestible	Por cucharada sopera (30 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (Kcal)	896	269	3,000	2,300
Proteínas (g)	0	0	54	41
Lípidos totales (g)	99.5	29.9	100-117	77-89
AG saturados (g)	39.23	11.77	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	42.96	12.89	67	51
AG poliinsaturados (g)	15.56	4.67	17	13
Omega-3 (g)	1.390	0.417	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico (v-6) (g)	13.193	3.958	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	70	21.0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	0	0	375-413	288-316
Fibra (g)	0	0	>35	>25
Agua (g)	0.5	0.2	2,500	2,000
Calcio (mg)	1	0.3	1,000	1,000
Hierro (mg)	0.1	0	10	18
Yodo (µg)	Tr	Tr	140	110
Magnesio (mg)	1	0.3	350	330
Zinc (mg)	—	—	15	15
Sodio (mg)	2	0.6	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	1	0.3	3,500	3,500
Fósforo (mg)	3	0.9	700	700
Selenio (µg)	Tr	Tr	70	55
Tiamina (mg)	Tr	Tr	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	Tr	Tr	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	Tr	Tr	20	15
Vitamina B₆ (mg)	Tr	Tr	1,8	1,6
Folatos (µg)	Tr	Tr	400	400
Vitamina B₁₂ (µg)	Tr	Tr	2	2
Vitamina C (mg)	Tr	Tr	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	Tr	Tr	1.000	800
Vitamina D (µg)	—	—	15	15
Vitamina E (mg)	Tr	Tr	12	12

Nota. Tomado de las Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras y Col. 2013.

(MANTECA DE CERDO). 0: Virtualmente ausente en el alimento. —: Dato no disponible. *Tr*: Trazas.

2.2.4 Características de la grasa de cerdo

La grasa es el componente más influyente en estos embutidos ya que afecta la textura y el sabor del producto final. La grasa actúa como reservorio de compuestos de sabor y contribuye a la textura y jugosidad del producto, que determinan la calidad y aceptabilidad de los embutidos (Fonseca et al., 2015).

2.2.5 Tilapia

Son peces exóticos de origen africano, que consta de varias especies, siendo algunas con interés económico, pertenecientes al género *Oreochromis*, se cultivan en piscigranjas de subsistencia y comerciales de alta tecnología en diversas partes del mundo. La tilapia tiene cualidades, como crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades poblacionales, adaptación al cautiverio y a una amplia gama de alimentos, resistencia a enfermedades, carne blanca, firme, de calidad y amplia aceptación por el consumidor, han despertado gran interés comercial en la acuicultura mundial (Piza, 2022).

2.2.5.1 Composición nutricional de la tilapia. La carne tilapia es un alimento completo en su contenido nutricional, ya que presenta un porcentaje de proteína que se puede considerar en términos de equilibrio óptimo para una buena alimentación (Marsiglia-Fuentes et al., 2020).

La tilapia es fuente importante de proteína con valores entre 18.4 hasta 20.8 % de proteína, 1.1 hasta 1.2 % de cenizas y 2.2 hasta 4.5 % de grasa (Perea et al., 2008).

Tabla 2

Contenido de humedad, cenizas, grasa total y proteína total de las especies de pescado de producción de agua dulce (g/100g)

Especie	Humedad	Proteína Total	Ceniza	Grasa Total
Salmón	60.0 - 68.6	19.4 - 20.9	1.1 - 1.3	7.4 - 17.0
Trucha	69.8 - 75.9	17.8 - 20.4	1.0 - 1.2	4.1 - 8.1
Tilapia	72.3 - 76.9	18.4 - 20.8	1.1 - 1.5	2.2 - 4.5
Bocachico	75.2 - 78.1	16.4 - 20.4	1.1 - 1.3	1.3 - 5.2
Bagre	74.9 - 77.5	20.3 - 22.1	1.0 - 1.1	0.4 - 1.9
Carachama	74.8 - 79.3	16.7 - 19.3	1.0 - 1.2	1.6 - 6.3

Nota. Adaptado de Perea et al (2008). Los resultados se expresan en base húmeda.

2.2.6 Harina de Tarwi

El tarwi, chocho o lupino es una legumbre andina con gran potencial para ser consumido masivamente por el ser humano por el alto contenido en proteínas y grasas siendo un buen alimento (Carhuallanqui et al., 2022)

El tarwi se caracteriza por presentar un perfil nutricional muy rico, ya que es una buena fuente de lípidos y proteína, siendo esta última mayor en comparación a otras legumbres y especies de altramuces (Quiroga, 2020) Contiene más de 70 tipos de alcaloides, como los grupos de la lupanina y esparteína lo que no permite su consumo directo y se necesita un desamargado (Rodríguez, 2009). Para su obtención como harina, el grano se descascará, es molido y puesto a secar (Jacobsen y Mujica, 2006).

2.2.7 Composición nutricional del Tarwi

En el tarwi las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso, la proteína varía de 41 a 51 % y el aceite de 14 a 24 %. Con respecto a la parte bromatológica, posee en promedio 35.5 % de proteína, 16.9 % de aceite, 7.65 % de fibra cruda, 4.14 % de cenizas y 35.77 % de carbohidratos. Jacobsen & Mujica (2006), indican que la fibra

alimentaria ubicada en la cáscara del grano, incluye aquellos componentes del tarwi que no pueden ser degradados por las enzimas digestivas del hombre. Su contenido en el grano desamargado, en promedio asciende a 10.37 % y reviste importancia debido a su capacidad para saciar (es decir, hacen que la persona se sienta “llena”), lo que es beneficioso para prevenir la obesidad, combatir el estreñimiento y compresión en el tracto intestinal. El mineral predominante en el tarwi es el calcio, el cual en el grano se encuentra en una concentración promedio de 0.48 %. El calcio se localiza principalmente en la cáscara del grano, siendo recomendable su consumo en forma integral (sin pelar) (Jacobsen & Mujica, 2006). Al calcio le sigue en importancia el fósforo cuya concentración promedio en el grano es de 0.43%. Este elemento actúa como un controlador del calcio, en el mantenimiento del sistema óseo, actividad del músculo cardíaco y producción de energía. El equilibrio calcio – fósforo es muy importante un exceso de fósforo provoca la formación de fosfatos de calcio insolubles y no reabsorbibles, que acaba por ser eliminados. Entre los micro elementos, en el tarwi sobresale el hierro (78.45 ppm), este es un mineral básico para la producción de hemoglobina, transporte de oxígeno e incremento de la resistencia a las enfermedades (Jacobsen & Mujica, 2006).

Tabla 3

Composición química del tarwi.

Compuestos	Cantidad %
Proteína	44.3
Grasa	16.5
Carbohidratos	28.2
Fibra	7.1
Ceniza	3.3
Humedad	7.7

Nota. Adaptado de Jacobsen & Mujica (2006).

La Tabla 3, muestra que el tarwi presenta un alto contenido de proteína (44.3 %) y contenido de grasa del 16.50 %, siendo un insumo importante en la formulación de la hamburguesa.

Tabla 4

Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos totales)

Ácidos	%
Oleico (Omega 9)	40.4
Linoleico (Omega 6)	37.1
Linolénico (Omega 3)	2.9
Palmítico	13.4
Palmitoleico	0.2
Esteárico	5.7
Mirístico	0.6
Araquídico	0.2
Behénico	0.2
Erúsico	0.0
Cociente Polisat/Satur	2.0

Nota. Adaptado de Jacobsen & Mujica (2006).

La Tabla 4, muestra la composición del % de ácidos grasos totales del tarwi, siendo fuente importante en omega 9 (40.4%), omega 6 (37.1 %) y en menor medida otros ácidos.

2.2.8 Composición nutricional del Tarwi

Según GRUPO ESNECA FORMACIÓN (2021), los productos cárnicos se clasifican en:

- Productos cárnicos crudos y frescos
- Productos cárnicos crudos curados
- Productos cárnicos crudos, curados y envasados: embutidos curados

- Salazones cárnicas curadas: jamones curados
- Productos cárnicos cocidos

Para el caso de la investigación que estamos desarrollando lo cataloga como **Producto cárnico crudo y fresco**, los cuales se preparan a partir de carne magra troceada, grasas, especias, sal y que no están sometidas a ningún tratamiento tecnológico de conservación, excepto refrigeración u congelación y requiere de cocción previa para su consumo, por ello se dividen en:

a. Embutidos crudos oreados: salchichas, longanizas, chorizos frescos, etc.

b. Pastas cárnicas: hamburguesas, albóndigas (crudas), etc.

Estos productos cárnicos exigen una formulación previa, con porcentajes predeterminados: (GRUPO ESNECA FORMACIÓN, 2021)

- Carne: cerdo o cerdo/vacuno
- Grasa: 20-60 %
- Sal: aprox. 20 g/kg.
- Especias: depende de la región
- Aditivos

2.2.9 Productos cárnicos picados y reformados crudos

Según Varnam & Sutherland (1998), los productos cárnicos picados se han elaborado a lo largo de los años y tienen una posición bien establecida en el mercado. Como en otros productos alimenticios, ha tenido un lugar considerable.

- **Tecnología de Productos Cárnicos Picados.** Los productos cárnicos picados crudos comparten una tecnología básica, común, hay una variación considerable en el material de partida y de los detalles del proceso, esto da lugar a una amplia variedad de productos.

a) Picado y molido: El picado es un proceso relativamente simple y el equipo

disponible varía en escala desde la picadora doméstica de funcionamiento manual a las plantas industriales. El picado más común consiste en tornillo que funcionan en una cámara horizontal. Las picadoras habitualmente no pueden trabajar con carne congelada y se produce un aumento de temperatura de hasta 10 °C. Se puede usar carne semi-congelada, el molido es un proceso similar al picado, la principal diferencia es la ausencia de un tornillo y la elevada velocidad de funcionamiento; la ventaja que tiene que puede introducir fácilmente ingredientes adicionales con la carne y se incorporan completamente conforme se atraviesa el molino; esto tiene ventajas en términos tecnológicos, siendo la más importante la dispersión del NaCl en la carne magra, esto mejora la extracción de las proteínas solubles lo que favorece las propiedades ligantes, el rendimiento, etc.

b) Triturado: El equipo de triturado más común es el cutter, hay diversos diseños muy similares en todos los casos. Tiene un grupo de 3 a 12 cuchillas que gira a elevada velocidad en el plano vertical, la carne se puede triturar muy finamente, dependiendo del grado de picado en gran medida del tiempo que está en la trituradora. La temperatura de la carne es importante, lo habitual es introducir la carne a -1 °C y no debería exceder de 22 °C, debería estar en el intervalo entre 18 y 20 °C. Temperaturas más bajas malogran las cuchillas, mientras que las temperaturas más altas degradan la grasa triturada en exceso lo que genera una separación de grasa libre.

La picadora no puede trabajar con carne congelada y se produce un aumento de temperatura de 10°C. Se permite que usen carne semi-congelada y el calor latente de fusión limita el aumento de temperatura.

El molido es un proceso similar al picado, el material es troceado más finamente que mediante el picado, pero se producen algunos desgarros al pasar a través de la placa fija perforada. El molido tiene la ventaja de que se pueden introducir fácilmente

ingredientes adicionales con la carne y se incorporan completamente mientras atraviesan el molino. Esto tiene ventajas tecnológicas, siendo lo más importante la dispersión de NaCl en la carne magra y el trabajo consiguiente de la carne en presencia de NaCl. Esto mejora la extracción de las proteínas solubles, lo que favorece las propiedades ligantes, el rendimiento, etc. (Varnam & Sutherland, 1998).

2.2.10 Tecnología de la hamburguesa

a. Hamburguesa de Pescado. Es un producto a partir de carne molida sin piel, espinas y escamas, el cual está mezclado con varios ingredientes, precocidos y congelados, a fin de que su textura, forma y otras características se parezcan a la hamburguesa obtenido a partir de carne de res. Mezclada y moldeada manual o mecánicamente, con o sin tratamiento térmico (INACAL, 2023).

Es una alternativa para aquellas personas que comen poco pescado, bien sea por su sabor, espinas, limpieza teniendo una lección variada y nutritiva por sus ácidos grasos, omega 3 naturales beneficiosos para la salud cardiovascular.

b. Insumos para la Elaboración de Hamburguesa de Pescado. En la elaboración de las hamburguesas de pescado es importante tener en cuenta que la calidad depende de las materias primas, del proceso de producción y de la formulación. Los principales componentes para la elaboración de hamburguesa de pescado son:

- **Pulpa de pescado.** Debe estar congelada o congelarse rápidamente, es un producto que se obtiene de la separación manual o mecánica de la masa muscular de las especies de los pescados destinados para la alimentación humana, frescos, sanos, limpios, libres de escamas, de vísceras, de espinas y de piel. Puede ser elaborada a partir de una o varias especies, sometida a un proceso de congelación, que alcance una temperatura de 255 K (-18°C) en su centro térmico. (CODEX Alimentarius, 1982).

- **Cloruro de Sodio (sal).** Sustancia cristalina compuesta químicamente por NaCl permite realzar el sabor y actúa como conservante en las hamburguesas. Para la elaboración de hamburguesas, se ha explorado el uso de sal esférica para reducir el contenido de sodio sin comprometer el sabor salado característico de estas. (Soteras et al., 2019).

- **Grasa de cerdo.** Las grasas confieren textura (dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad), color y sabor en los embutidos. Estas características también dependen de la presencia de ácidos grasos insaturados y de cadena corta, vale decir de la composición de la grasa. Otra de las características de la grasa es la temperatura de fusión; que se utiliza para determinar el grado de temperatura en la cual cambia de estado la grasa pasando de sólido a líquido y el cual se ve reflejado en los productos cárnicos (Lou Ramos, 2017).

- **Aromatizantes y especias.** Sustancias que proporcionan olor y sabor a los embutidos, dentro de estos agentes también se consideran las especias, siendo las más usadas en hamburguesas (García et al., 2009a):

- **Orégano:** Es una planta cultivable de la que se emplea la parte superior, es secada al aire y puede utilizarse desecado o molido. Posee un sabor amargo y olor aromático.

- **Pimienta:** Es la semilla interior del pericarpio. Ofrece un sabor picante y astringente, se recomienda utilizar pimienta molida para la elaboración de hamburguesas, además contiene cantidad de calcio, hierro y potasio.

- **Ajo.** Se usan los dientes que forman el bulbo (cabeza del ajo), en proporciones pequeñas, puede utilizarse desecado o molido. Posee un sabor acre y fuerte olor, destacando por tener efecto bactericida.

- **Mezcla de especias.** Es una mezcla de diferentes especias y hierbas secas

machacadas y mezcladas (pimienta de cayena, clavo, comino, cilantro, clavo, nuez moscada, jengibre, cúrcuma, canela, guindilla y otros). Tiene un sabor muy fuerte, picante, con un aroma muy marcado y un color ocre-amarillo (Arvy et al., 2007).

2.2.11 Características físicas de las hamburguesas

La evaluación de parámetros tecnológicos como el rendimiento de cocción, la reducción de diámetro, la retención de grasa y la retención de humedad es fundamental en el desarrollo y control de calidad de productos cárnicos procesados, como las hamburguesas. Estos indicadores no solo determinan la eficiencia del proceso térmico, sino que también influyen directamente en las características sensoriales, nutricionales y económicas del producto final.

- **Rendimiento de cocción (RC)**

El rendimiento de cocción en una hamburguesa se refiere a la relación entre el peso del producto antes y después del proceso de cocción, expresado generalmente como un porcentaje. Este parámetro es fundamental en la tecnología de la carne, ya que afecta tanto la calidad sensorial como el valor económico del producto final (Pérez et al., 2025).

$$\%RC = \frac{\text{Peso de la CH cocida}}{\text{Peso de la CH cruda}} \times 100$$

Donde:

RC: Rendimiento de cocción (%)

CH = Carne para hamburguesas.

Durante la cocción, las hamburguesas pierden peso principalmente por la evaporación del agua y la fusión de la grasa. Este fenómeno está influenciado por factores como: composición de la carne (contenido de grasa y humedad), tipo de grasa utilizada (animal, vegetal), temperatura y tiempo de cocción, método de cocción (plancha, horno, fritura, etc.); el cocinado en las hamburguesas reduce contenido de humedad en aproximadamente un 10 % afectando directamente el rendimiento de cocción, aumentando en el contenido relativo de proteínas debido a la pérdida de agua, lo cual influye en la textura y percepción sensorial del producto (Pérez et al., 2025).

- ***Reducción de Diámetro (RD)***

Es un fenómeno físico que ocurre durante la cocción, caracterizado por la contracción del producto en su dimensión horizontal. Esta reducción es consecuencia de la desnaturalización de las proteínas miofibrilares y del colágeno, lo que provoca una pérdida de agua y grasa, y una reorganización de la estructura muscular.

Desde el punto de vista tecnológico, este fenómeno está influenciado por factores como: a) contenido de grasa: hamburguesas con mayor proporción de grasa tienden a experimentar mayor contracción, ya que la grasa fundida se pierde durante la cocción. b) Tipo de carne y grado de picado: carnes con mayor contenido de tejido conectivo o con picado fino tienden a contraerse más. c) Temperatura y método de cocción: temperaturas elevadas y métodos como la plancha o parrilla favorecen una contracción más rápida y pronunciada (Lou, 2017). Se representa con la siguiente ecuación:

$$\%RH = \frac{\% \text{ Rendimiento} \times \% \text{ de humedad en CH cocida}}{100}$$

Donde:

CH = Carne para hamburguesas.

▪ **Retención de grasa (RG)**

La retención de grasa en hamburguesas se refiere a la capacidad del producto para conservar la grasa incorporada en su formulación original después del proceso de cocción. Tecnológicamente la retención de grasa depende de varios factores: a) Tipo y proporción de grasa utilizada. b) Estructura de la matriz cárnica (grado de emulsificación y unión proteína-grasa). c) Método y condiciones de cocción (temperatura, tiempo, tipo de calor). d) Presencia de ingredientes funcionales como proteínas vegetales, almidones o fibras que ayudan a estabilizar la emulsión. e) Durante la cocción, parte de la grasa se funde y puede ser liberada si no está adecuadamente retenida por la matriz proteica. Una buena retención de grasa mejora la palatabilidad del producto y reduce las pérdidas por goteo, lo que se traduce en un mayor rendimiento de cocción por (García et al., 2012b),. Está representada por la ecuación siguiente:

$$\%RG = \frac{\text{Peso en la CH cocida} \times \% \text{ de grasa en la CH cocida}}{\text{Peso en la CH cruda} \times \% \text{ de grasa en la CH cruda}} \times 100$$

Para la determinación del porcentaje de grasa (%), se desecaron las muestras en la estufa durante media hora y posteriormente se realizó la extracción con éter de petróleo en el equipo Soxhlet durante 4 horas a goteo continuo. Una vez frío, se destiló el solvente (éter de petróleo), y se calculó el % de grasa (AOAC, 1990).

- ***Retención de humedad (RH)***

La retención de humedad en hamburguesas se refiere a la capacidad del producto para conservar el contenido de agua original tras el proceso de cocción. La retención de humedad está determinada por: a) La estructura de la matriz proteica: proteínas desnaturalizadas durante la cocción pueden formar una red que retiene agua. b) El contenido de grasa y proteínas funcionales: ingredientes como aislados de soya, almidones o fibras vegetales pueden mejorar la capacidad de retención de agua (Prieto & Carballo, 2009). Para determinar el valor se usó la siguiente ecuación:

$$\%RH = \frac{\% \text{ Rendimiento} \times \% \text{ de humedad en CH cocida}}{100}$$

Donde:

CH = Carne para hamburguesas.

2.3 Definición de Términos

- ***Hamburguesa (CH).***

Producto elaborado a partir de carne picada y/o molida de animales de abasto, con adición de ingredientes tales como sal, grasa, proteínas no cárnicas, especial condimentos, aditivos alimentarios entre otros. Mezclada y moldeada manual o mecánicamente, o con o sin tratamiento térmico (INACAL, 2023).

- ***Grasa***

Conocidos como lípidos, son compuestos orgánicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, presentes en la hamburguesa, que proviene del tocino de cerdo y harina de tarwi (Badui, 2012).

- ***Rendimiento de cocción.***

Es la relación porcentual, expresada en peso de la carne cocida sobre la carne cruda (García et al., 2009b).

- ***Rendimiento de diámetro.***

Es la relación porcentual de la diferencia entre el peso de la carne cruda y carne cocida, sobre el peso de carne cruda (García et al., 2009).

- ***Retención de grasa.***

Es la cantidad de grasa retenida después de la cocción de la hamburguesa (García et al., 2009).

- ***Retención de Humedad.***

Es la cantidad de agua que retiene la hamburguesa luego de ser cocida (Prieto & Carballo, 2009).

- ***Tarwi***

Tarwi o chocho o lupino es una legumbre andina con gran potencial para ser consumido masivamente por el ser humano por el alto contenido en proteínas y grasas siendo un buen alimento (Carhuallanqui et al., 2022).

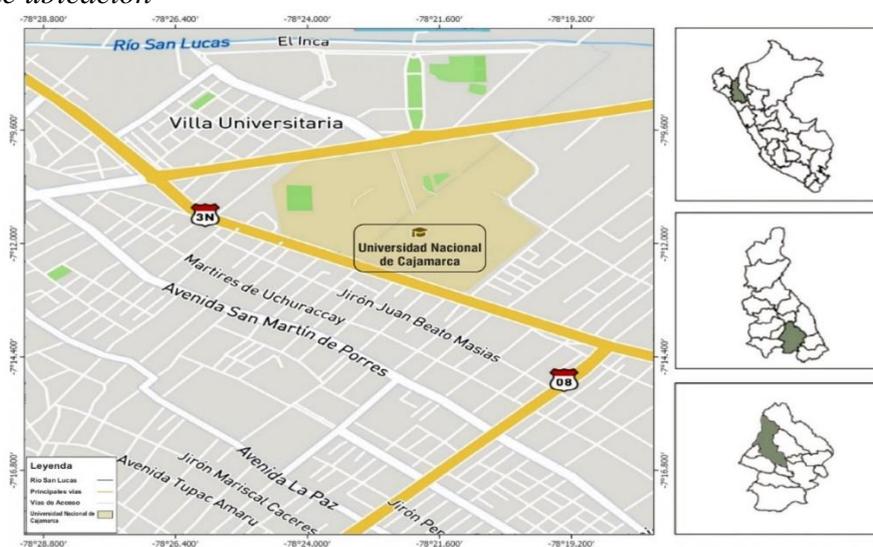
III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

El presente trabajo experimental se realizó en el Laboratorio de Tecnología de la Carne de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca que está ubicada en el departamento, provincia y distrito de Cajamarca, se encuentra a una altitud de 2750 m.s.n.m., 78° 29' 44" de longitud oeste y 7° 10' 01" latitud sur con clima templado, seco y su temperatura media anual es de 15,6 °C (Figura 1).

Figura 1

Mapa de ubicación



3.2 Materiales e insumos

3.2.1 Materias primas e insumos

- Filete de tilapia.
- Grasa de cerdo.
- Harina de tarwi.
- Agua.
- Sal.
- Azúcar.
- Ajo.

- Orégano.
- Pimienta.
- Almidón.

3.2.2 *Materiales de elaboración*

- Bandejas plásticas de 50 x 40 cm.
- Bolsas de LDPE de 30 cm de ancho.
- Cucharas de metal.
- Molde para hamburguesa de 10 cm de diámetro.
- Molino eléctrico de carnes.
- Película film de 30,5 cm de ancho.
- Recipientes de aluminio de 5 L de capacidad.
- Recipientes plásticos de 1 L de capacidad.

3.2.3 *Materiales de análisis*

- Cápsulas de cuarzo de 15 cm² de superficie y 25 mm de altura.
- Desecador provisto con gel de sílice 3 – 6 mm con indicador QP.
- Embudo de 8 cm de diámetro.
- Equipo de titulación.
- Extractor tipo Soxhlet. Marca BIOBASE
- Lunas de reloj.
- Matraces Erlenmeyer de 200; 500 mL.
- Papel de filtro Albet 242 mm de diámetro.
- Pinzas metálicas.
- Pipeta de 1; 2; 10 mL.
- Probetas de 50 mL.
- Varilla fina de vidrio.
- Vernier.

3.2.4 Equipos de laboratorio

- Balanza analítica. Marca Precisa, modelo LX 220 SCS.
- Cocina eléctrica hechiza de alto calentamiento.
- Estufa eléctrica, LMIM, regulada a 105 °C.
- Refrigerador.
- Sellador.

3.2.5 Reactivos

- Agua destilada.
- Éter de Petróleo 35 – 60 °C.
- Alcohol de 95°.

3.3 Metodología

3.3.1 Variable:

a. Variables Independientes

- Grasa/proteína: 16/4 (20 %), 12/8 (40 %) y 8/12 (60 %).
- Tiempo de amasado: 3, 6 y 9 mín.

b. Variables Dependientes

Propiedades físicas:

- Rendimiento de cocción.
- Rendimiento de diámetro.
- Retención de grasa.
- Retención de humedad.

3.3.2 Niveles

Se reemplazará la grasa de cerdo por tarwi en la hamburguesa de la siguiente manera:

P1 = 20 %

P2 = 40 %

P3 = 60 %

Los tiempos de amasado que se utilizaron durante la elaboración la hamburguesa de tilapia, fueron:

t1 = 3 min.

t2 = 6 min.

t3 = 9 min.

3.3.3 Tratamiento de estudio

- **Unidad de análisis.** Serán las hamburguesas elaboradas con distintas proporciones de grasa/tarwi a diferentes tiempos de amasado, junto a otros insumos que cumplen funciones tecnológicas y nutricionales.

- **Muestra.** Se utilizará 0.5 Kg por cada tratamiento, considerando cada muestra por triplicado, se considera 1.5 Kg por cada muestra con sus tres repeticiones.

De la combinación de los diferentes niveles de cada factor se dieron como resultado los siguientes tratamientos:

Tabla 5

Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Proporción grasa/tarwi (%)	Tiempo de amasado (minutos)
1	20	3
1	40	3
1	60	3
1	20	6

1	40	6
1	60	6
1	20	9
1	40	9
1	60	9
2	20	3
2	40	3
2	60	3
2	20	6
2	40	6
2	60	6
2	20	9
2	40	9
2	60	9
3	20	3
3	40	3
3	60	3
3	20	6
3	40	6
3	60	6
3	20	9
3	40	9
3	60	9

3.3.4 Diseño Experimental y arreglos de los tratamientos

Se aplico el diseño experimental Diseño Completamente al Azar (DCA), factorial de 3 niveles: 3^2 el cual estudió los efectos de 2 factores: factor (A) reemplazo de grasa/tarwi (20 %; 40 % y 60 %) y factor B corresponde al tiempo de amasado ($t_1= 3$ min, $t_2=6$ min, $t_3= 9$ min) en 27 corridas. El diseño se ejecutó en 3 bloques, donde la variable de respuesta son las características físicas.

Tabla 6

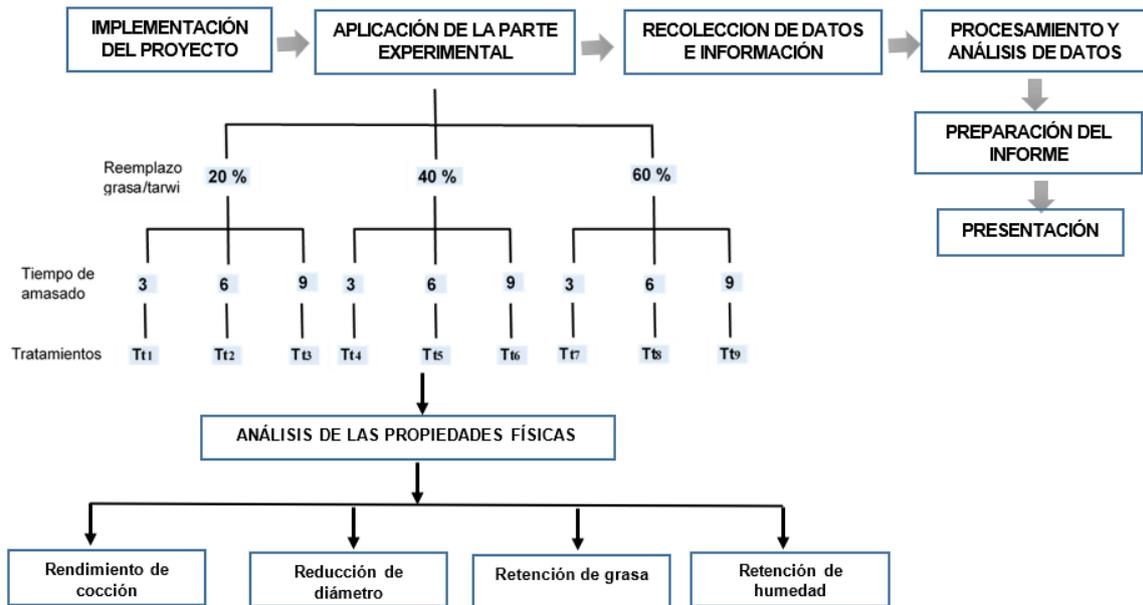
Factores, niveles y tratamientos en estudio.

Factores	Niveles	Combinaciones	Tratamientos
A	P1	P1t1	T1
	P2	P1t2	T2
	P3	P1t3	T3
		P2t1	T4

		P2t2	T5
		P2t3	T6
B	t1	P3t1	T7
	t2	P3t2	T8
	t1	P3t3	T9

3.3.5 Diagrama de diseño experimental

Figura 2
Diagrama del diseño experimental



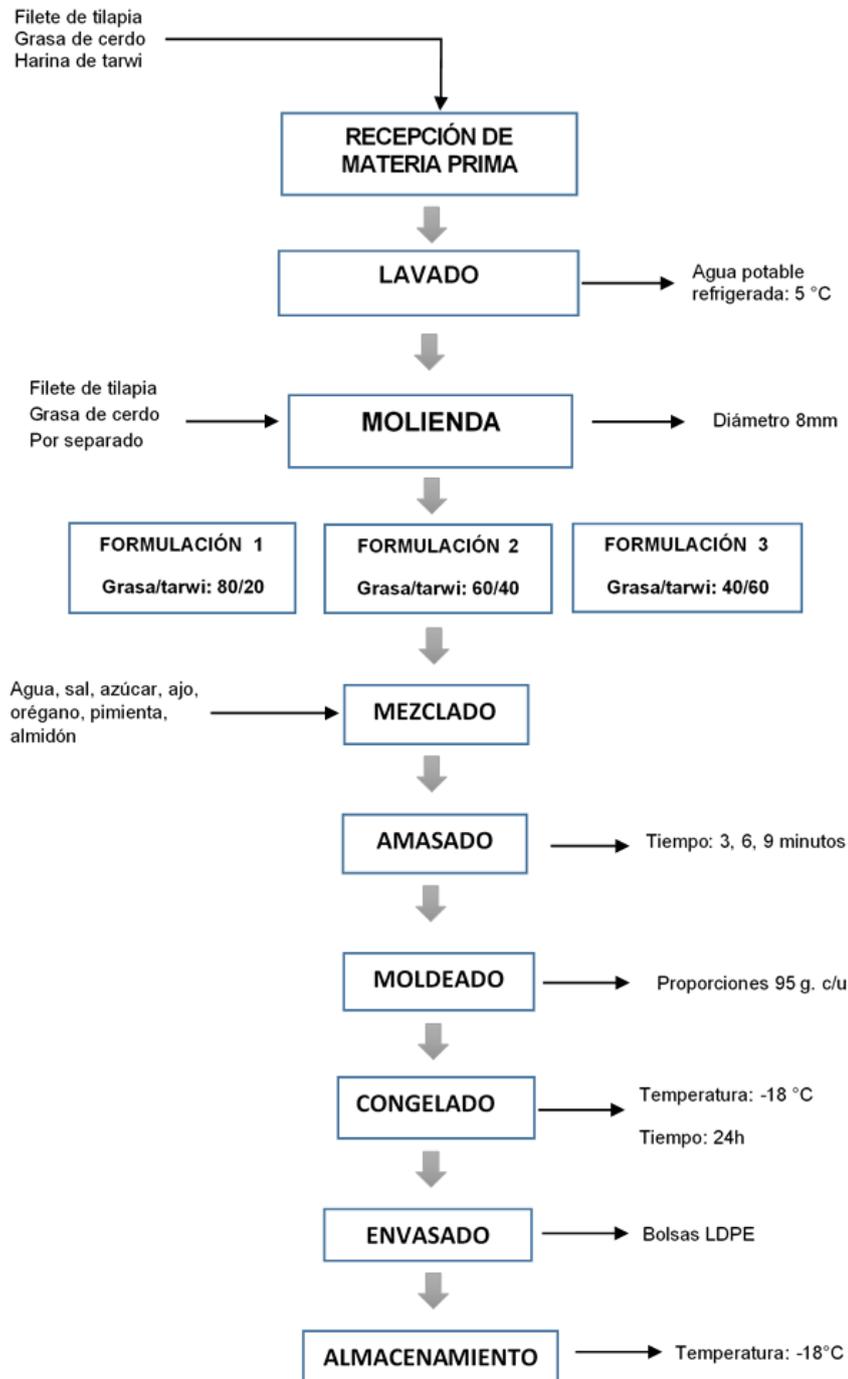
Nota. el gráfico muestra las etapas del diseño experimental que se implementaron en el proyecto de investigación.

3.3.6 Procedimientos (descripción de los procesos experimentales)

a. Flujograma

Figura 3

Flujograma del proceso de elaboración



Nota. Elaboración propia; adaptado de García et al., (2012).

3.3.7 Descripción del proceso de elaboración

- **Recepción de materia prima.** La harina de tarwi se obtuvo y almacenó en un lugar seco y a temperatura ambiente hasta el momento de la elaboración del producto.

El filete de tilapia y grasa de cerdo fueron seleccionados a conveniencia al momento de la compra, horas antes de la elaboración a una temperatura de 4 °C (Ruiz, 2020).

Figura 4

Acondicionamiento de la materia prima.



Nota. La imagen muestra el acondicionamiento de la materia prima (filete de tilapia)

- **Molienda.** El filete de tilapia y grasa fueron troceados con cuchillos previamente desinfectados, obteniéndose trozos de 3 x 3 cm y se introdujeron por separado en la moladora de carne hasta lograr una consistencia de masa molida deseada (García et al., 2012b).

Figura 5

Molienda de los filetes de tilapia



Nota. La imagen muestra la molienda de grasa de cerdo y filete de tilapia utilizando el disco de salida del molino de 8 mm de diámetro.

- **Formulación.** Se pesó las cantidades adecuadas de filete de tilapia, grasa de cerdo y harina de tarwi, para su respectiva sustitución, según cada formulación (García et al., 2012b).
- **Mezclado.** Una vez obtenida la carne y grasa molidas, se procedió a mezclarlas con los demás ingredientes (Ruiz, 2020).
- **Amasado.** La mezcla anterior se ingresó a la amasadora durante 3, 6, 9 minutos (Palacios, 2021b).

Figura 6

Integración de los componentes



Nota. La imagen muestra el proceso de amasado que permite la integración de los componentes en la formulación.

- **Moldeado.** De la mezcla final, se pesó porciones de 95 g, para su formado en un molde de 10 cm de diámetro por 1 cm de espesor y luego envolver individualmente en laminas poligrasa (Palacios, 2021b).

Figura 7

Moldeado de las hamburguesas



Nota. La imagen muestra el moldeado de las hamburguesas con un promedio de 95 gramos de peso y un diámetro promedio de 8 centímetros.

- **Congelado.** Las muestras se sometieron a congelación (-18°C) por 24 horas, para mejorar la consistencia y emulsión de las mismas (Ruiz, 2020).
- **Envasado.** Con las muestras sólidas, debido al congelado, se envasaron en bolsas de LDPE, con un contenido de 5 unidades por bolsa (Ruiz, 2020).
- **Almacenamiento.** El producto final correctamente envasado se mantuvo a una temperatura de -18 °C para proceder a realizar los análisis correspondientes (Palacios, 2021b).

3.3.8 Análisis de las Propiedades Físicas

Para la determinación de propiedades físicas se usaron las diferentes metodologías.

- **Rendimiento de Cocción (RC).** Las hamburguesas fueron cocidas mediante fritura en una plancha hasta alcanzar una temperatura del centro de aproximadamente 71 °C. El rendimiento de cocción se determinó pesando las hamburguesas de carne de tilapia y tarwi antes y después de la cocción (Lou, 2017). Para determinar el valor se usó la siguiente ecuación:

$$\%RC = \frac{\text{Peso de la CH cocida}}{\text{Peso de la CH cruda}} \times 100$$

Figura 8

Pesado de la hamburguesa cocida



Nota. La imagen muestra el pesado de la hamburguesa en la balanza analítica con una sensibilidad de 4 dígitos.

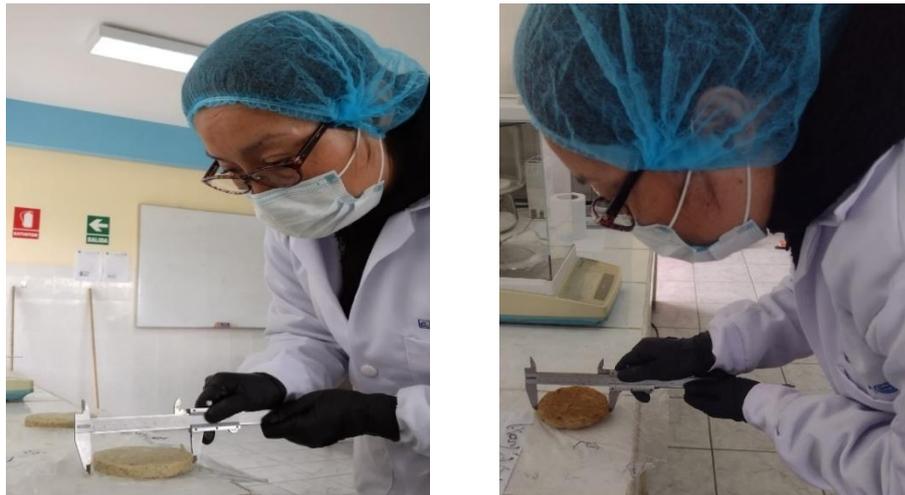
- **Reducción del Diámetro (RD).** Las hamburguesas fueron cocidas mediante fritura en una plancha hasta alcanzar una temperatura del centro de aproximadamente 71 °C.

La reducción del diámetro se determinó usando un vernier en las hamburguesas de carne de tilapia y tarwi crudas y cocidas (Lou, 2017). Para determinar el valor se usó la siguiente ecuación:

$$\%RD = \frac{\text{Diámetro de la CH cruda} - \text{Diámetro de la CH cocida}}{\text{Diámetro de la CH cruda}} \times 100$$

Figura 9

Determinación del diámetro de la hamburguesa cruda y cocida



Nota. La imagen muestra la determinación del diámetro de la hamburguesa cruda y cocida usando un vernier.

- **Retención de la Grasa (RG).** Las hamburguesas fueron cocidas mediante fritura en una plancha hasta alcanzar una temperatura del centro de aproximadamente 71 °C.

Para determinar la retención de grasa, se pesaron las hamburguesas de carne de tilapia y tarwi antes y después de la cocción, se determinó el contenido de grasa usando mediante el método Soxhlet (AOAC, 1990) de las hamburguesas de carne de tilapia y tarwi crudas y cocidas. Para determinar el valor se usó la siguiente ecuación:

$$\%RG = \frac{\text{Peso en la CH cocida} \times \% \text{ de grasa en la CH cocida}}{\text{Peso en la CH cruda} \times \% \text{ de grasa en la CH cruda}} \times 100$$

▪ **Determinación del Porcentaje de Grasa (%).** Se determinó según AOAC, (1990). Se desecaron las muestras en la estufa durante media hora y posteriormente se realizó la extracción con éter de petróleo en el equipo Soxhlet durante 4 horas a goteo continuo. Una vez frío, se destiló el solvente (éter de petróleo), y se calculó el % de grasa.

Procedimiento de extracción.

- Secar las muestras de hamburguesa en la estufa, aproximadamente 4,0 g.
- Tomar 2,0 g de muestra en un capuchón, o en su defecto a un “sobre” de papel de filtro que retenga la muestra en el interior del Soxhlet, utilizando balanza analítica.
- Introducir el capuchón en el interior del equipo Soxhlet.
- Tapar el balón con el equipo Soxhlet, el cual se conecta al condensador a reflujo
- Proceder la extracción durante 4 horas.
- Finalizada la extracción, dejar enfriar el equipo.
- Destilar el solvente orgánico que contiene la grasa extraída, mediante destilación simple, para su separación.

- Cuantificar el peso en una balanza analítica y los resultados de estos reemplazar en la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Grasa} = (BG - B) \times 100 / W$$

Donde:

B = Peso del balón vacío.

BG = Peso del balón más la grasa.

W = Peso de la muestra.

Figura 10

Determinación de la grasa de la hamburguesa cruda y cocida



Nota. La imagen muestra la determinación de grasa cruda y cocida usando el método Soxhlet.

- **Retención de Humedad (RH).** Las hamburguesas fueron cocidas mediante fritura en una plancha hasta alcanzar una temperatura del centro de aproximadamente 71 °C. Para calcular la retención de humedad se determinó el rendimiento de cocción y el porcentaje de humedad de las hamburguesas de carne de tilapia y tarwi antes y después de

la cocción (Lou, 2017). Para determinar el valor se usó la siguiente ecuación:

$$\%RH = \frac{\% \text{ Rendimiento} \times \% \text{ de humedad en CH cocida}}{100}$$

Donde:

CH = Carne para hamburguesas.

Figura 11

Determinación de la humedad



Nota. La imagen muestra la determinación de humedad en estufa.

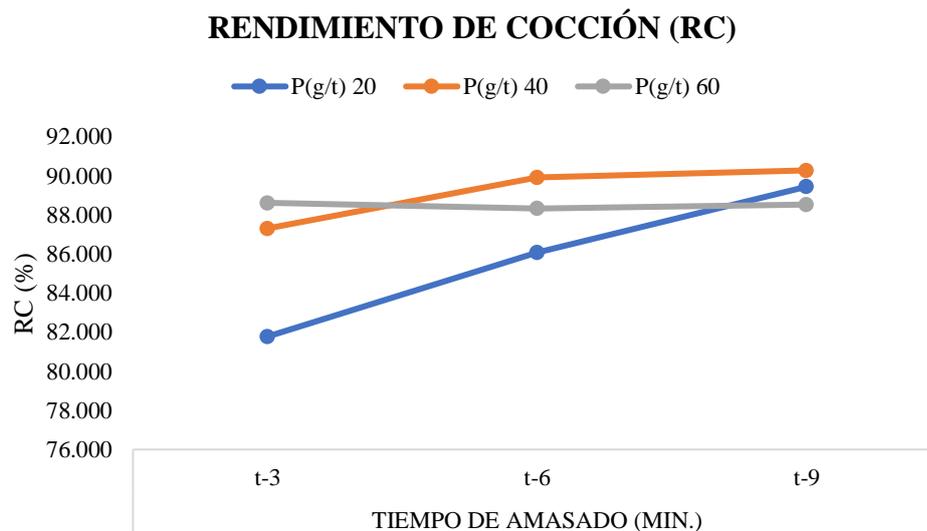
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de las características físicas de hamburguesa de tilapia (*Orochromis niloticus*) con proporciones de grasa/tarwi (*Lupinus mutabilis*) a diferentes tiempos de amasado

4.1.1 Rendimiento de Cocción (RC)

Figura 12

Rendimiento en cocción de la hamburguesa con respecto a la proporción



Nota. La gráfica muestra el comportamiento del rendimiento de cocción proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado.

En la Figura 12 observamos para un 20 % de reemplazo de tarwi por grasa hay un rendimiento sostenido en forma proporcional con el tiempo de amasado, mientras que para el 40 % hay un aumento de 3 a 6 minutos y luego el rendimiento es constante; por otro lado, en 60 % el rendimiento disminuye en función del amasado para aumentar ligeramente cuando el amasado es mayor. Al respecto Modi (2004), sostiene que las leguminosas reemplazan como aglutinantes, que es la función que cumple la grasa, se tiene un mayor rendimiento especialmente con harina de garbanzo negro tostada.

En cuanto a la evaluación de la varianza para el rendimiento de cocción es como se muestra en la Tabla 7

Tabla 7

Análisis de Varianza para el rendimiento de cocción con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Proporción grasa/tarwi	33.2667	1	33.2667	29.17	0.0002
B: Tiempo de amasado	37.136	1	37.136	32.57	0.0001
AA	16.5649	1	16.5649	14.53	0.0029
AB	17.5528	1	17.5528	15.39	0.0024
BB	0.801025	1	0.801025	0.70	0.4198
Error total	12.5431	11	1.14028		
Total (corr.)	124.083	17			

R-cuadrada = 89.8914

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 84.3776

Error estándar del est. = 1.06784

Error absoluto medio = 0.709136

En la Tabla 7 se observa que el P valor, para la variable Proporción grasa/tarwi es menor del 5 % lo que indica que es significativo que influye en el rendimiento de la hamburguesa.

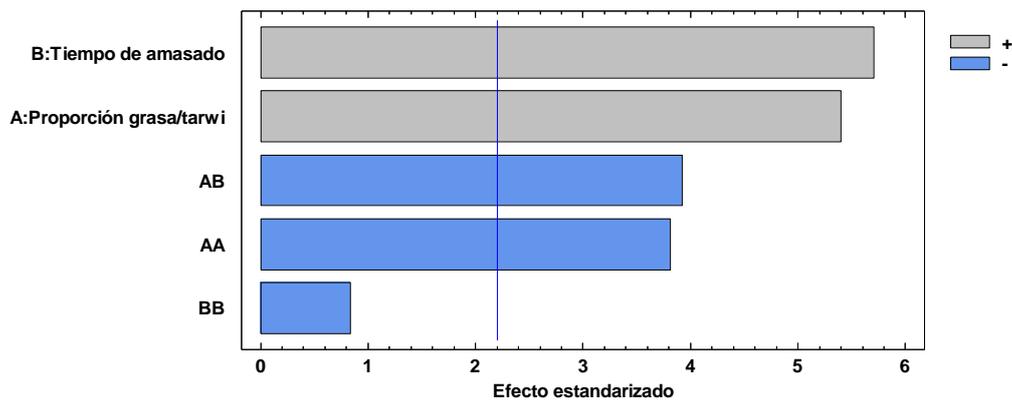
Al agregar a los productos cárnicos harinas no convencionales como harina de chocho, existen menos pérdidas de cocción con respecto a las harinas convencionales (Behailu & Abebe, 2020); debido a esto, el porcentaje de contracción es inferior, teniendo un mayor aprovechamiento de la disponibilidad de los componentes en la matriz cárnica aumentando el rendimiento de cocción (Santos et al., 2019).

Asimismo, al graficar los efectos estandarizados mostrados en la Figura 13, observamos que el tiempo de amasado (min.) es el factor con mayor efecto, seguido de la proporción grasa/tarwi en el rendimiento de cocción y en menor medida por la interacción

de ambos factores. La Figura 14 muestra los efectos individuales y como resultado el rendimiento de cocción se incrementa a medida que aumenta el tiempo de amasado debido a que existe una mayor integración de los componentes, proporcionando una respuesta tecnológica excelente por el contenido de fibra y una alternativa de presentación que mejora las características físicas del producto (García et al., 2012b). Además, el rendimiento de cocción se incrementa a medida que la proporción de harina de tarwi es mayor, debido a que las pérdidas de grasa y humedad son menores durante la cocción (Ruiz, 2020).

Figura 13

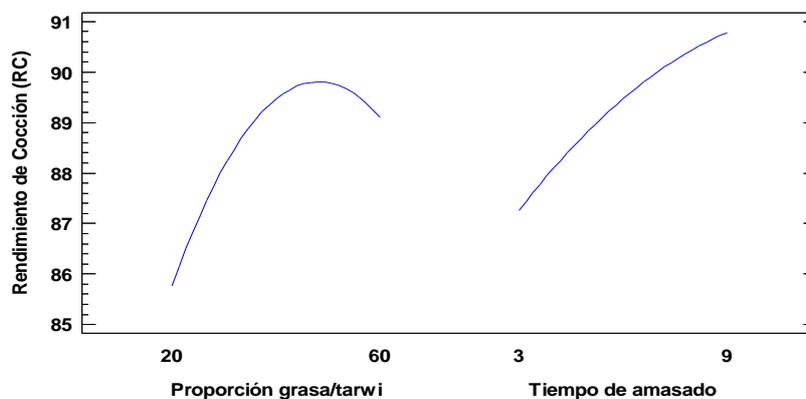
Pareto estandarizado para Rendimiento de Cocción (RC)



Nota. La gráfica muestra el comportamiento de las variables: tiempo de amasado (minutos), proporción grasa/tarwi (%) y la interacción entre variables sobre el rendimiento de cocción.

Figura 14

Efectos principales para Rendimiento de Cocción (RC)



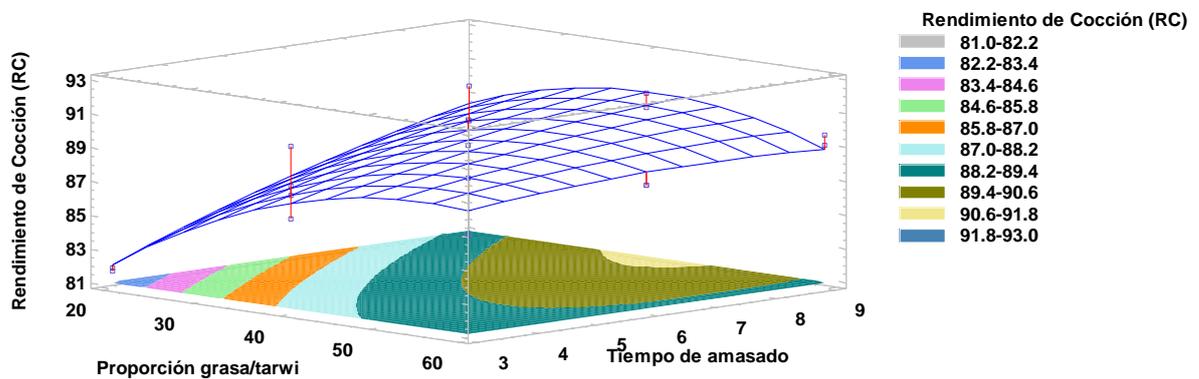
Nota. La gráfica muestra el comportamiento de los efectos individuales de las variables: tiempo de amasado (minutos) y proporción grasa/tarwi (%) sobre el rendimiento de cocción.

En la Figura 15 se muestra el cálculo de la superficie de respuesta estimada de los efectos proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado sobre el rendimiento de cocción (RC), pudiendo maximizarse hasta un 90.7841 % con valores de proporción grasa/tarwi de 40.9173 y tiempo de amasado de 9 minutos, la ecuación que lo representa es:

$$\text{Rendimiento de Cocción (RC)} = 66.765 + 0.638375 \cdot \text{Proporción grasa/tarwi} + 2.17056 \cdot \text{Tiempo de amasado} - 0.0050875 \cdot \text{Proporción grasa/tarwi}^2 - 0.0246875 \cdot \text{Proporción grasa/tarwi} \cdot \text{Tiempo de amasado} - 0.0497222 \cdot \text{Tiempo de amasado}^2$$

Figura 15

Superficie de respuesta estimada para Rendimiento de Cocción (RC)



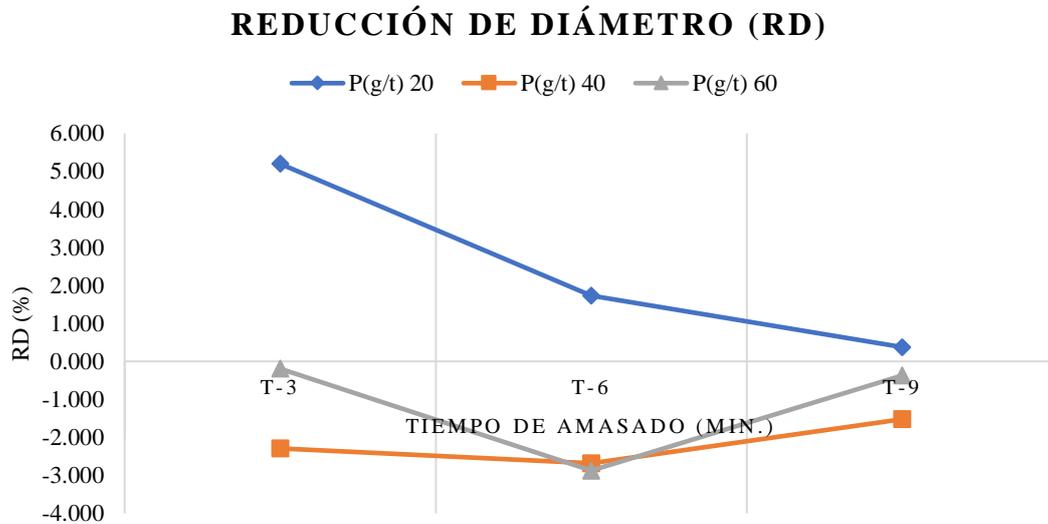
Nota. La gráfica muestra la superficie de respuesta estimada de los efectos Proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado sobre el rendimiento de cocción (RC).

Shokry (2016) en la investigación “*Uso de la harina de quinua como ingrediente potencial en la producción de hamburguesas de carne con propiedades funcionales*” encontró que al adicionar de quinua en elaboración de hamburguesas de res obtuvo un 21 % más de rendimiento de cocción, obteniendo resultados superiores con la adición de harina de tarwi, debido al alto contenido de proteína.

4.1.2 Reducción del Diámetro (RD)

Figura 16

Reducción del diámetro de la hamburguesa con respecto al tiempo de amasado



Nota. La gráfica muestra el comportamiento de la reducción de diámetro respecto a la proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado.

En la Figura 16 se observa que la proporción del 20 % de tarwi y 80 % de grasa, muestran una menor reducción del diámetro para el tiempo de tres minutos y se va haciendo menor en la medida que el tiempo es mayor como en el caso de nueve minutos. Al respecto Borokinni et al. (2023), señala que las proteínas de origen vegetal como el tarwi influyen en las pérdidas de jugosidad y cocción, jugosidad y ternura; hecho que contribuye a la disminución del diámetro de la hamburguesa. Referente a los tratamientos con proporciones mayores al 20 % a medida que se incrementa el tiempo de amasado la reducción del diámetro es menor, debido a la incorporación de harina de tarwi que es rica en proteínas, las que puede alterar la estructura de la matriz proteica de la carne. Esto puede resultar en una mayor retención de agua y, por ende, en una expansión del diámetro durante la cocción (Montalvo-Navarro et al., 2022).

Tabla 8

Análisis de Varianza para Reducción del Diámetro con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Proporción grasa/tarwi	38.5208	1	38.5208	19.47	0.0010
B: Tiempo de amasado	5.95021	1	5.95021	3.01	0.1108
AA	31.5844	1	31.5844	15.96	0.0021
AB	10.788	1	10.788	5.45	0.0395
BB	8.67302	1	8.67302	4.38	0.0603
Error total	21.7647	11	1.97861		
Total (corr.)	118.865	17			

R-cuadrada = 81.6896

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 71.7021

Error estándar del est. = 1.40663

Error absoluto medio = 0.881944

En la Tabla 8 se puede observar que existe variabilidad en los diferentes tratamientos de incorporación de grasa/tarwi, donde el P valor es menor del 5 % lo que indica que es significativo que influye en la reducción de diámetro de la hamburguesa.

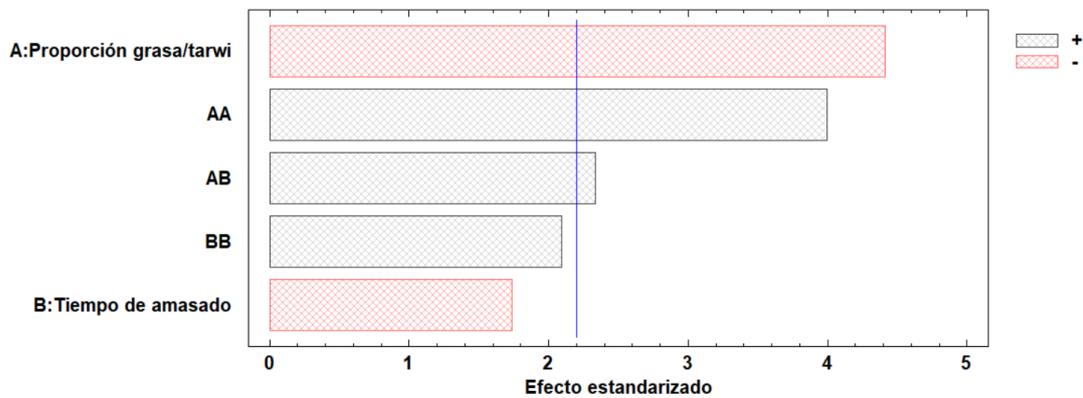
Argel et al. (2020) en la investigación “*Influencia de la sustitución parcial de carne de cerdo por harina de legumbres en las características fisicoquímicas y sensoriales de hamburguesas bajas en grasa*” analizó el comportamiento de las hamburguesas bajas en grasa agregando harina de legumbres teniendo como resultados una reducción de diámetro inferior a las comerciales con significancia inferiores a P 0,05.

Asimismo, al graficar los efectos estandarizados mostrados en la Figura 17, observamos que la proporción grasa/tarwi es el factor con mayor efecto y en menor medida por la interacción de ambos factores. La Figura 18 muestra los efectos individuales y como resultado se observa, el incremento del diámetro a medida que se incrementa la proporción de tarwi; la interacción entre las proteínas de la carne y los carbohidratos de las harinas

puede crear una red más estable que retiene más agua y aire, lo que también contribuye al aumento del diámetro (Montalvo-Navarro et al., 2022).

Figura 17

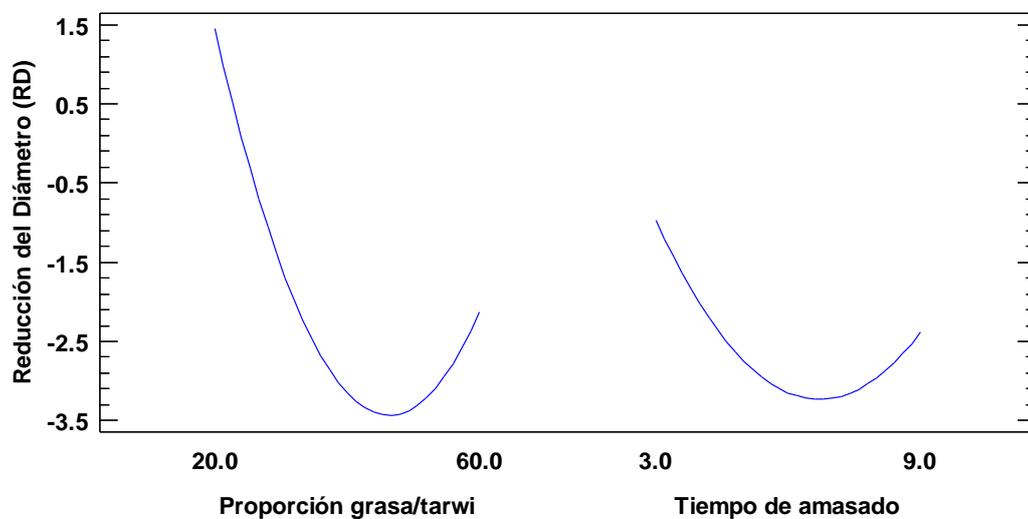
Pareto estandarizado para Reducción del Diámetro (RD)



Nota. La gráfica muestra el comportamiento de las variables: tiempo de amasado (minutos), proporción grasa/tarwi (%) y la interacción entre variables sobre la reducción de diámetro.

Figura 18

Efectos principales para Reducción del Diámetro (RD)



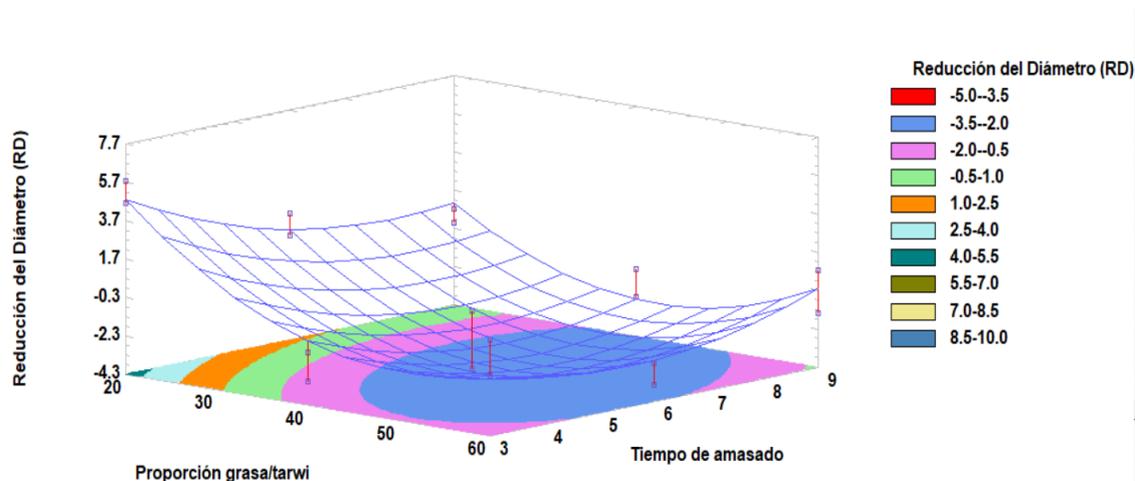
Nota. La gráfica muestra el comportamiento de los efectos individuales de las variables: tiempo de amasado (minutos) y proporción grasa/tarwi (%) sobre la reducción de diámetro.

En la Figura 19 se muestra el cálculo de la superficie de respuesta estimada de los efectos Proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado sobre la reducción de diámetro (RD), pudiendo maximizarse hasta un 4.79125 % con valores de proporción grasa/tarwi de 20 % y tiempo de amasado de 3 minutos, la ecuación que lo representa es:

$$\text{Reducción del Diámetro (RD)} = 23.6183 - 0.767708 * \text{Proporción grasa/tarwi} - 2.97222 * \text{Tiempo de amasado} + 0.007025 * \text{Proporción grasa/tarwi}^2 + 0.0193542 * \text{Proporción grasa/tarwi} * \text{Tiempo de amasado} + 0.163611 * \text{Tiempo de amasado}^2$$

Figura 19

Superficie de respuesta estimada para Reducción del Diámetro (RD)



Nota. La gráfica muestra la superficie de respuesta estimada de los efectos Proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado sobre la reducción de diámetro (RD).

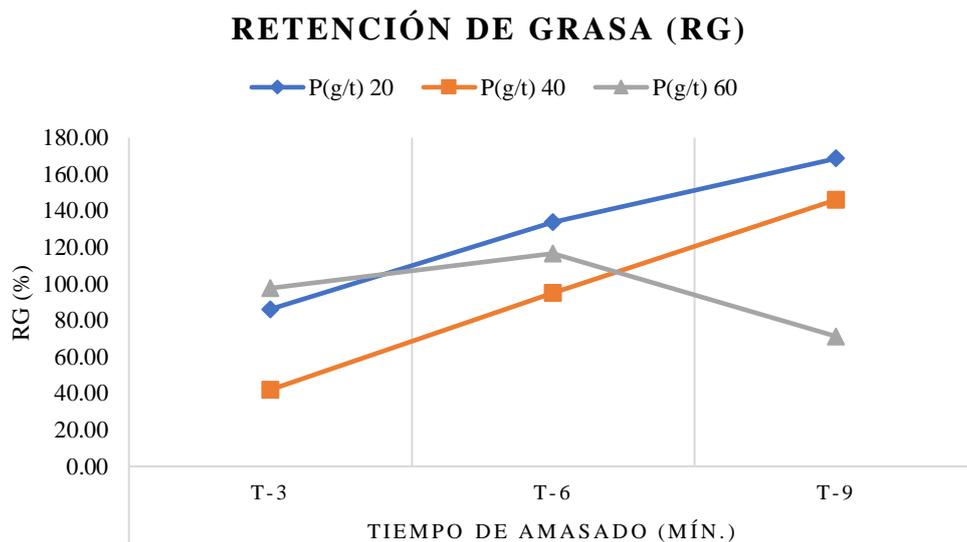
Los resultados de reducción de diámetro se pueden maximizar (4.79125 %) debido a la interacción entre las proteínas de la carne y los carbohidratos de las harinas al crear una red más estable que retiene más agua y aire, como lo afirma Montalvo-Navarro et al. (2022).

4.1.3 Retención de la Grasa (RG)

En la Figura 20 se observa que al reemplazar 20 % de tarwi, es donde se obtiene una mejor retención de grasa en los tres tiempos de amasado, seguido del de 40 % y finalmente de 60 %, como menciona Marconato et al. (2020), la fibra tiende a tomar el agua y por ende al eliminar el agua, lo cual se ve influenciado por el tiempo de exposición al momento del amasado el cual expone el contenido de agua. Además, que las proteínas miofibrilares junto con la fibra forman geles. Sin embargo, al aumentar la proteína vegetal la proporción de proteínas miofibrilares se hace menor y por tanto no se da abasto para formar la cantidad de gel.

Figura 20

Retención de grasa



Nota. La gráfica muestra el comportamiento de la retención de grasa respecto a la proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado.

Tabla 9

Análisis de Varianza para Retención de la Grasa con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Proporción grasa/tarwi	3540.11	1	3540.11	8.46	0.0142
B: Tiempo amasado	de 8549.87	1	8549.87	20.43	0.0009
AA	1293.72	1	1293.72	3.09	0.1064
AB	5929.6	1	5929.6	14.17	0.0031
BB	701.279	1	701.279	1.68	0.2220
bloques	8.82	1	8.82	0.02	0.8872
Error total	4603.05	11	418.459		
Total (corr.)	24626.5	17			

R-cuadrada = 81.3085 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 71.1131 por ciento

Error estándar del est. = 20.4563

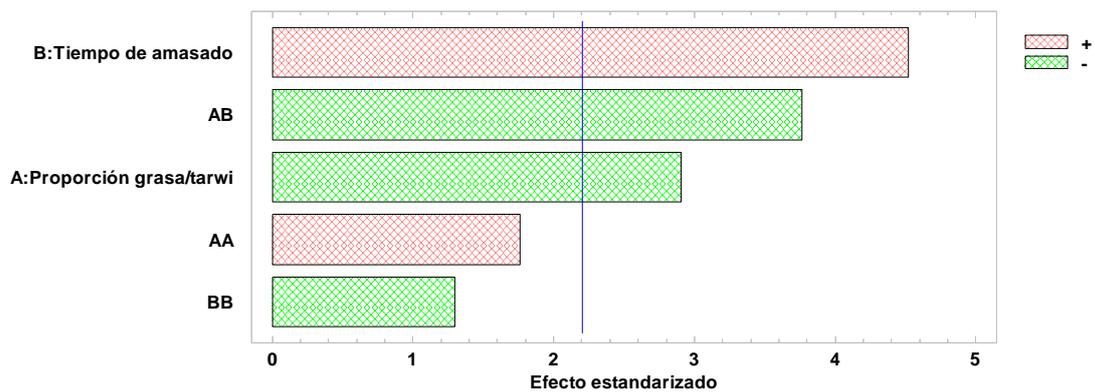
En la Tabla 9 se observa que el P valor, para las variables proporción grasa/tarwi, tiempo de amasado e interacción entre de ambas variables es menor del 5 % lo que indica que es significativo e influye en la retención de grasa de la hamburguesa, estos valores se ven influenciados directamente con la capacidad de retención de agua de la harina chocho empleada (Choi et al., 2016).

Asimismo, al graficar los efectos estandarizados mostrados en la Figura 21, observamos que el tiempo de amasado (min) es el factor con mayor efecto, seguido de la interacción de ambos factores y en menor medida la proporción grasa/tarwi en la retención de grasa. La Figura 22 muestra los efectos individuales y como resultado de la retención de grasa se observa que a medida que se incrementa el tiempo de amasado se reduce la retención de grasa y a medida que incrementa la proporción de grasa/tarwi se incrementa la retención de grasa, siendo corroborado por Ruiz (2020) quien reportó que la retención de grasa aumentó con la adición de harina de tarwi; esto se atribuye a la cantidad de

proteínas cárnicas contráctiles, si es pequeña en relación a la superficie de grasa a cubrir, los glóbulos grasos no cubiertos o parcialmente envueltos se separan de la emulsión en la etapa de calentamiento y se rompe (Schmidt, 1984). Esto se atribuye a las globulinas del tarwi ya que poseen magníficas capacidades para emulsionar y altas propiedades para retener agua y grasa.

Figura 21

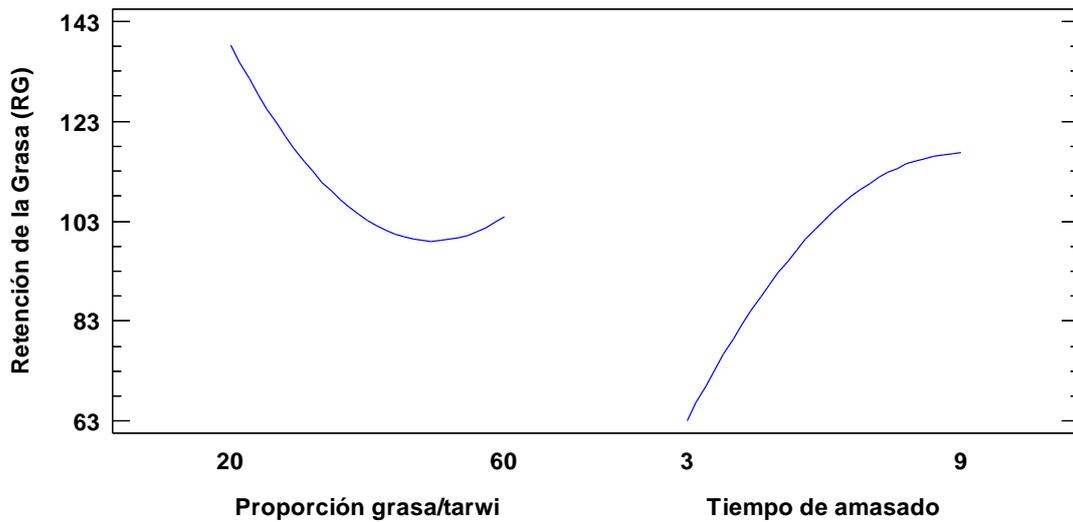
Pareto estandarizado para Retención de la Grasa (RG)



Nota. La gráfica muestra el comportamiento de las variables: tiempo de amasado (minutos), proporción grasa/tarwi (%) y la interacción entre variables sobre la retención de grasa.

Figura 22

Efectos principales para Retención de la Grasa (RG)



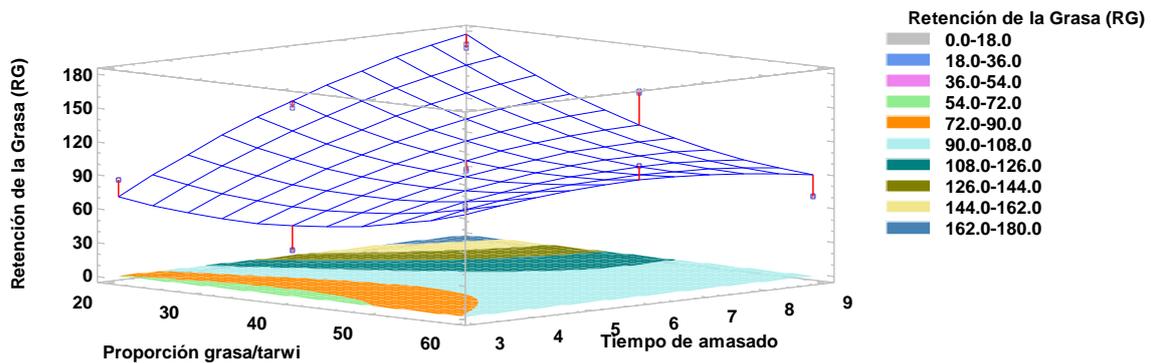
Nota. La gráfica muestra el comportamiento de los efectos individuales de las variables: proporción grasa/tarwi (%) y tiempo de amasado (minutos) sobre la retención de grasa.

En la Figura 23 se muestra el cálculo de la superficie de respuesta estimada de los efectos proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado sobre la retención de grasa (RG), pudiendo maximizarse hasta un 178.976 % con valores de proporción grasa/tarwi de 20 % y tiempo de amasado de 9 minutos, la ecuación que lo representa es:

$$\text{Retención de la Grasa (RG)} = -5.82111 - 1.73312 \cdot \text{Proporción grasa/tarwi} + 44.7019 \cdot \text{Tiempo de amasado} + 0.0449604 \cdot \text{Proporción grasa/tarwi}^2 - 0.45375 \cdot \text{Proporción grasa/tarwi} \cdot \text{Tiempo de amasado} - 1.4712 \cdot \text{Tiempo de amasado}^2$$

Figura 23

Superficie de respuesta estimada para Retención de la Grasa (RG)



Nota. La gráfica muestra la superficie de respuesta estimada de los efectos Proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado sobre la retención de grasa.

La retención de grasa se maximizó hasta un 178.976 %, inferior a los reportados por García et al. (2012b), que demostraron un aumento de RG desde 66,96 % hasta 88,24 %, en su investigación donde sustituyeron la grasa animal por harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*). La variación en los resultados de RG entre los estudios puede deberse a que el producto tenía un contenido de grasa más bajo (7,80 – 16,08 %). Esto resultó en una mayor proporción de proteínas, las cuales formaron una emulsión más estable, reduciendo así la pérdida de grasa durante la cocción.

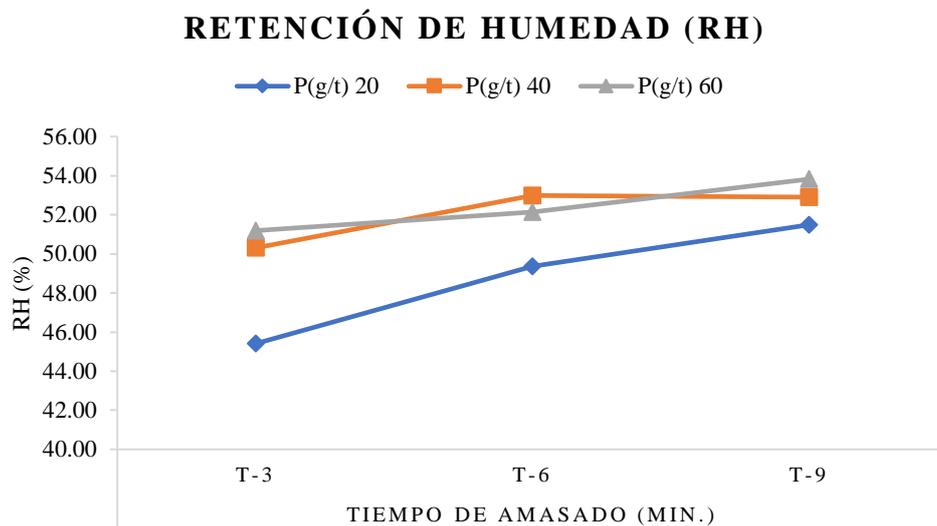
4.2 Retención de Humedad (RH)

En la Figura 24 se observa que al reemplazar de tarwi en un 20 %, es donde se obtiene una mejor retención de humedad en los tres tiempos de amasado, seguido de 40 % y finalmente de 60 %, como menciona Schmidt (1984) esto se puede atribuir a que las proteínas miofibrilares de la carne pueden fijar el agua, Anderson & Berry (2001) encontraron que la contracción y retención de humedad en la hamburguesa se incrementó,

debido al alto contenido de fibra de la cáscara de camote, que retiene agua en el producto, aumentando la succulencia, esto se puede atribuir a la harina por su contenido de fibra.

Figura 24

Retención de humedad



Nota. La gráfica muestra el comportamiento de la reducción de la retención de humedad respecto a la proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado.

Tabla 10

Análisis de Varianza para Retención de Humedad con respecto a la proporción de grasa/tarwi y el tiempo de amasado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Proporción grasa/tarwi	39.4581	1	39.4581	12.25	0.0050
B:Tiempo de amasado	42.7896	1	42.7896	13.28	0.0039
AA	9.0	1	9.0	2.79	0.1228
AB	5.9168	1	5.9168	1.84	0.2025
BB	1.6641	1	1.6641	0.52	0.4873
Error total	35.4335	11	3.22123		
Total (corr.)	138.653	17			

R-cuadrada = 74.4444

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 60.505

Error estándar del est. = 1.79478

Error absoluto medio = 1.2479

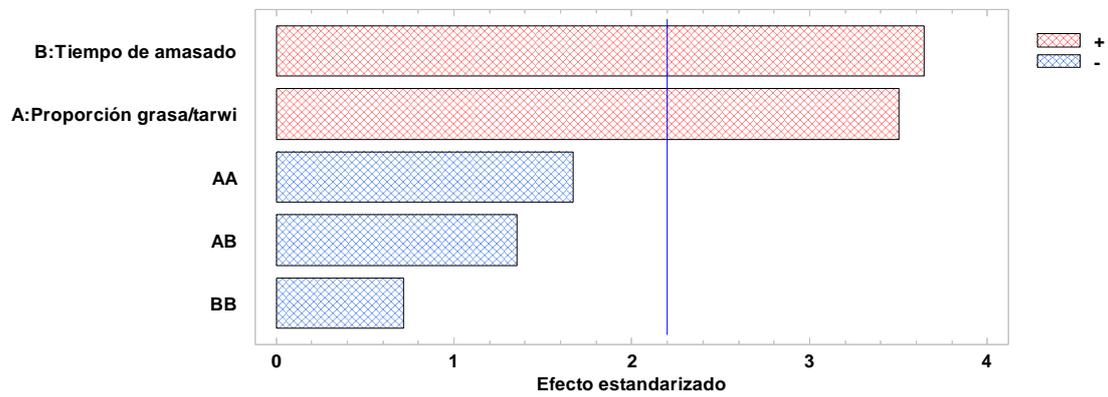
En la Tabla 10 se observa que el P valor, para las variables Proporción grasa/tarwi, tiempo de amasado es menor del 5 % lo que indica que es significativo e influye en la retención de humedad de la hamburguesa.

Esto se debe a que la inclusión de harinas a base de granos como lenteja, frejol, maíz, y pseudocereales como quinua, soya, mijo en productos cárnicos ha demostrado que aumenta la capacidad de absorción de agua (Öztürk-Kerimoğlu et al., 2020).

Asimismo, al graficar los efectos estandarizados mostrados en la Figura 25, observamos que el tiempo de amasado (min) es el factor con mayor efecto, seguido de la proporción grasa/tarwi en la retención de humedad. La Figura 26 muestra los efectos individuales y como resultado de la retención de humedad se observa que a medida que se incrementa el tiempo de amasado y la proporción de grasa/tarwi la retención de humedad es mayor. Suca & Suca (2015) encontraron un incremento de RH del 30.14 % en el producto final, este aumento se atribuye a la alta capacidad de absorción de agua de la harina de tarwi, que es de 1,2 g/g. García et al. (2012b) también observaron un incremento en la RH, de 14,19 % a 15,78 %, al enriquecer hamburguesas de pulpa de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con harina de soya texturizada. El autor sugiere que la baja RH se debe a la desnaturalización de las proteínas durante el calentamiento, lo que reduce su capacidad de retención de agua. De manera similar, García et al. (2012b) encontraron que la RH aumentó de 35,53 % a 45,04 % al sustituir la grasa animal por harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*). Las diferencias en RH entre los estudios pueden explicarse por el mayor contenido de proteína en sus productos (16,93 – 18,03 %), lo que mejora la retención de agua.

Figura 25

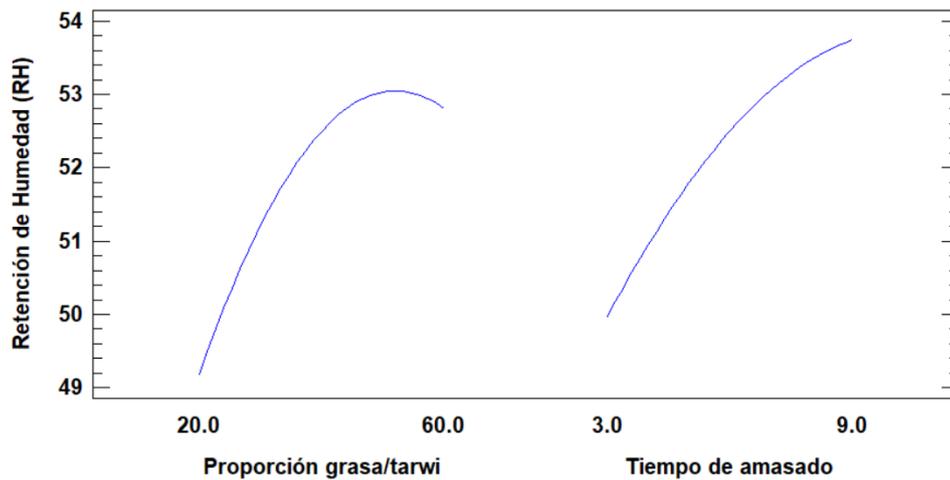
Pareto estandarizado para Retención de Humedad (RH)



Nota. La gráfica muestra el comportamiento de las variables: tiempo de amasado (minutos), proporción grasa/tarwi (%) y la interacción entre variables sobre la retención de humedad.

Figura 26

Efectos principales para Retención de Humedad (RH)



Nota. La gráfica muestra el comportamiento de los efectos individuales de las variables: proporción grasa/tarwi (%) y tiempo de amasado (minutos) sobre la retención de humedad.

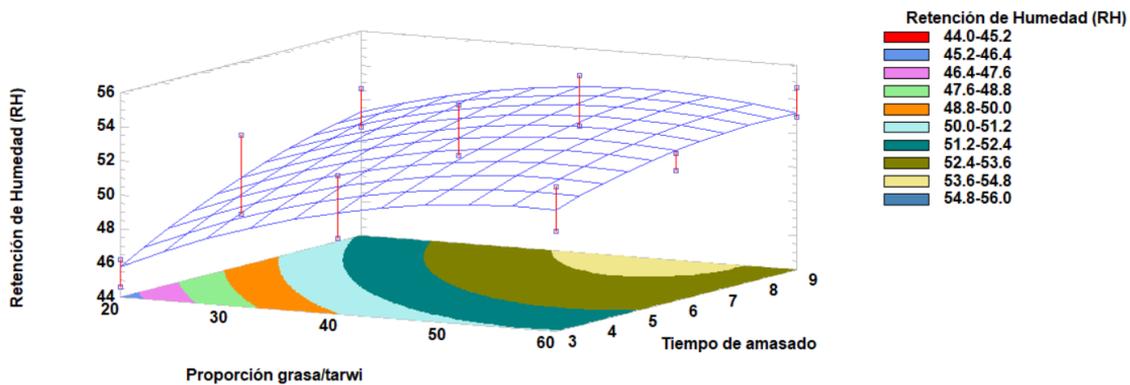
En la Figura 27 se muestra el cálculo de la superficie de respuesta estimada de los efectos Proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado sobre la retención de humedad (RH),

pudiendo maximizarse hasta un 53.8931 % con valores de Proporción grasa/tarwi de 46.3634 y Tiempo de amasado de 9 minutos, la ecuación que lo representa es:

$$\text{Retención de Humedad (RH)} = 33.075 + 0.476667 \cdot \text{Proporción grasa/tarwi} + 2.06278 \cdot \text{Tiempo de amasado} - 0.00375 \cdot \text{Proporción grasa/tarwi}^2 - 0.0143333 \cdot \text{Proporción grasa/tarwi} \cdot \text{Tiempo de amasado} - 0.0716667 \cdot \text{Tiempo de amasado}^2$$

Figura 27

Superficie de respuesta estimada para Retención de Humedad (RH)



Nota. La gráfica muestra la superficie de respuesta estimada de los efectos Proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado sobre la retención de humedad.

La retención de humedad se puede maximizar hasta un 53.8931 % siendo inferior a los reportados por Öztürk-Kerimoğlu et al. (2020) que analizó de manera similar el comportamiento de salchichas de res al sustituir en la formulación un 5 % de grasa por harinas de pseudocereales, la capacidad de retención de agua en el embutido mostró un aumento (CRA: 82,50%; 83,00%; 84,90% respectivamente) al introducir quinua al 5 %, teff al 5 % y una combinación entre estos de 2,5 % cada uno, en relación con la muestra sin sustitución de grasa (CRA: 65,00%).

4.3 Optimización múltiple

Al realizar la optimización de múltiples variables, se tiene que el valor óptimo para la proporción grasa/tarwi es de 20.238 % con un tiempo de amasado de 9 minutos (Tabla 11), con valores óptimos de 88.6116 % para el Rendimiento de Cocción (RC), 0.986446 % en la Reducción del Diámetro (RD), 178.022 % en la Retención de la Grasa (RG) y 51.3352 % en la Retención de Humedad (RH) (Tabla 12 y Figura 28).

Tabla 11

Factores óptimos de proporción grasa/tarwi y tiempo de amasado

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Proporción grasa/tarwi	20.0	60.0	20.238
Tiempo de amasado	3.0	9.0	9.0

Nota. Esta tabla muestra la combinación de niveles de factores que maximiza la función de 'deseabilidad' en la región indicada.

Tabla 12

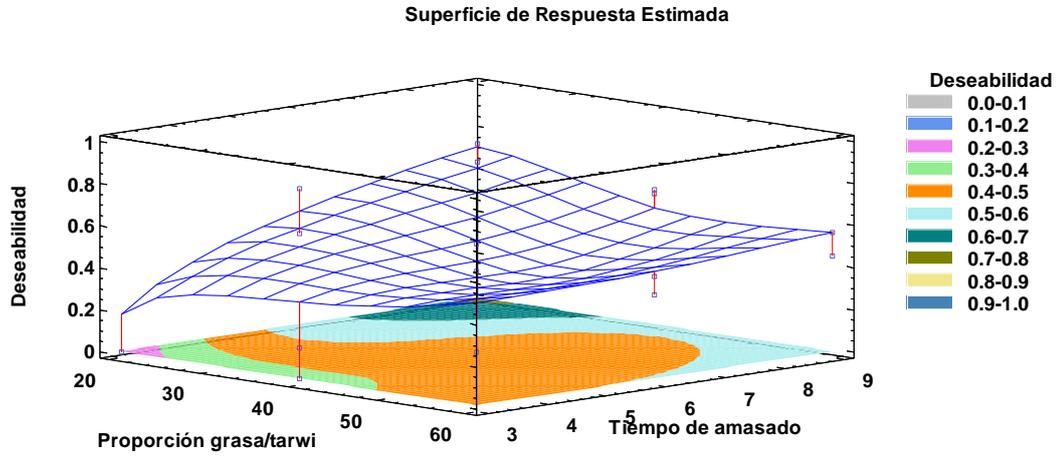
Optimización de las variables de respuesta

<i>Respuesta</i>	<i>Óptimo</i>
Rendimiento de Cocción (RC)	88.6116
Reducción del Diámetro (RD)	0.986446
Retención de la Grasa (RG)	178.022
Retención de Humedad (RH)	51.3352

Nota. Esta tabla muestra la combinación de factores a la cual se alcanza el óptimo.

Figura 28

Superficie de respuesta estimada para deseabilidad



V. CONCLUSIONES

- La proporción proporción de grasa/tarwi (*Lupinus mutabilis*) optimizado es de 20.238 %, con un tiempo de amasado de 9 minutos; con valores óptimos de 88.6116 % para el Rendimiento de Cocción (RC), 0.986446 % en la Reducción del Diámetro (RD), 178.022 % en la Retención de la Grasa (RG) y 51.3352 % en la Retención de Humedad (RH).
- La proporción de grasa/tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) es de: 41.0 % con un rendimiento de cocción optimizado del 90.8 %; 20 % con una reducción de diámetro optimizado de 4.8 %; 20 % con una retención de grasa optimizada del 179.0 % y 46.4 % de retención de humedad optimizada del 53.9 %.
- El tiempo de amasado en la elaboración de hamburguesa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) es de: 9 minutos con un rendimiento de cocción optimizado del 90.8 %; 3 minutos con una reducción de diámetro optimizado de 4.8 %; 9 minutos con una retención de grasa optimizada del 179.0 % y 9 minutos de retención de humedad optimizada del 53.9 %.

VI. RECOMENDACIONES

- Esta investigación falta complementar con análisis de textura, color y sensorial, con los datos optimizados.
- Falta realizar estudios de análisis de valor nutricional de los valores optimizados.
- Sustituir otro tipo de carne por harina de tarwi, en la hamburguesa y ver sus efectos en este.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Ali, H. A., Mansour, E. H., E-Ibedawey, A. E. F. A., & Osheba, A. S. (2019). Evaluation of tilapia fish burgers as affected by different replacement levels of mashed pumpkin or mashed potato. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(2), 127–132. <https://doi.org/10.1016/J.JSSAS.2017.01.003>
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis* (Vol. 5).
- Argel, N. S., Ranalli, N., Califano, A. N., & Andrés, S. C. (2020). Influence of partial pork meat replacement by pulse flour on physicochemical and sensory characteristics of low-fat burgers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(10), 3932–3941. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10436>
- Arvy, M.-Pierre., Gallouin, F., Mendiola Ubillos, M. A., & Martín Montalbán, J. (2007). *Especies, aromatizantes y condimentos*. 413.
- Badui, S. (2012). *Química de los alimentos*. <https://agroengineer.blogspot.com/2020/12/quimica-de-alimentos-tomo-ii.html>
- Behailu, B., & Abebe, M. (2020). Effect of Soybean and Finger Millet Flours on the Physicochemical and Sensory Quality of Beef Meat Sausage. *Original Research Article Behailu and Abebe*, 7(1), 46647. <https://doi.org/10.9734/AJOCS/2020/v7i119007>
- Borbor Suarez, D. (2022). Effect of chia seed (*Salvia hispanica* L.) on the utilization of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) patty meat. *Efecto de La Semilla de Chía (Salvia Hispánica L.) Para La Utilización de Carne de Hamburguesas de Camarón (Litopenaeus Vannamei)*, 15(1), 1–22. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,sso&db=asn&AN=161261634&lang=es&site=ehost-live&scope=site&custid=s9226804>
- Borokinni, A. S., Akinola, A. P., Layeni, O. P., Fadodun, O. O., & Olokuntoye, B. A. (2023). Size-effects due to Burgers tensor in classical deformation of isotropic thermoplastic materials. *Materials Research Proceedings*, 31, 281–286. <https://doi.org/10.21741/9781644902592-29>
- Carhuallanqui, S., Huamán, M. Cc., Vilcapoma, L., & Casas, P. (2022). *Caracterización del tarwi (Lupinus mutabilis) y diseño de un prototipo de desamargador para la reducción de alcaloides*. 1(1).
- Choi, H. S., Choi, H. G., Choi, Y. S., Kim, J. H., Lee, J. H., Jung, E. H., Lee, S. H., Choi, Y. Il, & Choi, J. S. (2016). Effect of chicory fiber and smoking on quality characteristics of restructured sausages. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(1), 131–136. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.1.131>
- CODEX Alimentarius. (1982). *Comisión del codex alimentarius*. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-722-15%252Fal83_18s.pdf
- Duman, M. (2022). Nutritional value and sensory acceptability of fish burger prepared with flaxseed fl. *Food Science and Technology (Brazil)*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.27920>
- Fonseca, S., Gómez, M., Domínguez, R., & Lorenzo, J. M. (2015). Physicochemical and sensory properties of Celta dry-ripened “salchichón” as affected by fat content. *Grasas y Aceites*, 66(1). <https://doi.org/10.3989/GYA.0709142>
- García, O., Acevedo Pons, I., Mora, J. A., Sánchez, A., & Rodríguez, H. (2009a). Evaluación física y proximal de la carne para hamburguesas elaborada a partir de pulpa de Cachama

- blanca (*Piaractus brachyomus*) con harina de soya texturizada. *Revista Científica UDO Agrícola*, ISSN-e 1317-9152, Vol. 9, Nº. 4, 2009, Págs. 951-962, 9(4), 951–962. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3394201&info=resumen&idioma=SPA>
- García, O., Acevedo Pons, I., Mora, J. A., Sánchez, A., & Rodríguez, H. (2009b). Evaluación física y proximal de la carne para hamburguesas elaborada a partir de pulpa de Cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) con harina de soya texturizada. *Revista Científica UDO Agrícola*, ISSN-e 1317-9152, Vol. 9, Nº. 4, 2009, Págs. 951-962, 9(4), 951–962. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3394201&info=resumen&idioma=ENGLISH>
- García, O., Ruiz-Ramírez, J., & Acevedo, I. (2012a). Evaluación físico-química de carnes para hamburguesas bajas en grasas con inclusión de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) como extensor. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, 22(6), 497–506.
- García, O., Ruiz-Ramírez, J., & Acevedo, I. (2012b). Evaluación físico-química de carnes para hamburguesas bajas en grasas con inclusión de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) como extensor. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, 22(6), 497–506.
- GRUPO ESNECA FORMACIÓN. (2021). *¿Qué son los productos cárnicos y cómo se clasifican?* Escuela de Postgrado Industrial. <https://postgradoindustrial.com/que-son-los-productos-carnicos-y-como-se-clasifican/>
- Horcada, A. ; P. O. (2010). *La producción de carne en Andalucía*.
- Hosseini Shekarabi, S. P., Abbasi Monjezi, M., Shaviklo, A. R., & Hussein Mohamed, H. M. (2020). Physicochemical Properties, Electrophoretic Patterns, and Sensory Attributes of Fish Burger Incorporated with Shrimp, Camel, and Ostrich Meats. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 29(9), 912–924. <https://doi.org/10.1080/10498850.2020.1818155>
- INACAL. (2023). *NTP 201.057 2023 Carne y productos cárnicos. Productos formados. Requisitos*.
- Jacobsen, S.-E., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 458–482.
- Kos, I., Pećina, M., Ljoljić, D. B., Špehar, I. D., Kalit, M. T., Vnućec, I., Bedeković, D., Kiš, G., & Maturanec, H. (2023). Physical and sensory properties of burgers affected by different dry ageing time of beef neck. *Physikalische Und Sensorische Eigenschaften von Burgern, Die Durch Eine Unterschiedliche Trockenreifung von Rindernacken Beeinflusst Werden.*, 25(1), 34–43. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,sso&db=fsr&AN=162318380&lang=es&site=ehost-live&scope=site&custid=s9226804>
- Leal-Gutiérrez, & Jiménez-Robayo. (2015). *La capacidad de retención de agua (CRA) de la carne de bovino y posibles genes candidatos*. 1–16. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4545.0081>
- Lou, C. K. (2017). Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sacha inchi (*plukenetia volubilis* L.) y harina de plátano (*musa paradisiaca* L.) variedad inguri sobre el contenido de grasa, rendimiento de cocción, índice de peróxidos, color, firmeza y aceptabilidad general de hamburguesa de carne de vacuno (*bos taurus*) [UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO]. In *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2465>
- Marconato, A. M., Hartmann, G. L., Santos, M. M. R., do Amaral, L. A., de Souza, G. H. O., dos Santos, E. F., & Novello, D. (2020). Sweet potato peel flour in hamburger: Effect on physicochemical, technological and sensorial characteristics. *Brazilian Journal of Food*

- Technology*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11519>
- Marsiglia-Fuentes, R. M., Blaquiétt Acosta, J., Perez, J. A., Taron, A., & García-Zapateiro, L. A. (2020). *Investigación y Desarrollo en Ciencia Diseño y caracterización de una hamburguesa de pescado y cerdo con la incorporación de semilla de chía (Salvia hispánica L.)*. 5, 563.
- Melo, V., & Cuamatzi, O. (2007). Bioquímica de los procesos metabólicos. In *Quim. Nova* (Vol. 27, Issue 5). https://books.google.com/books/about/Bioqu%C3%ADmica_de_los_procesos_metab%C3%B3licos.html?id=KHec9weY8Y0C
- Modi, V. K. ; M. N. S. N. R. D. y S. N. M. (2004). Quality of buffalo meat burger containing legume flours as binders. *Meat Science* , 66(1), 143–149.
- Montalvo-Navarro, C., Cumplido-Barbeitia, G., González-Ríos, H., Montoya-Ballesteros, L. del C., Pérez-Báez, A. J., Zamorano-García, L., Valenzuela-Melendres, M., Montalvo-Navarro, C., Cumplido-Barbeitia, G., González-Ríos, H., Montoya-Ballesteros, L. del C., Pérez-Báez, A. J., Zamorano-García, L., & Valenzuela-Melendres, M. (2022). Uso de un diseño de mezclas para el desarrollo de hamburguesas de carne de bovino, con un perfil nutricional mejorado con harina de linaza, pulpa de mango y ciruela deshidratada. *Biotechnia*, 24(1), 97–106. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V24I1.1534>
- Olivares Bello, F. (2019). *Tendencias de la industria alimentaria EY – Colombia*. Building a Better Working World . https://www.ey.com/es_co/consumer-products-retail/tendencias-de-la-industria-de-alimentos
- Öztürk-Kerimoğlu, B., Kavuşan, H. S., Tabak, D., & Serdaroğlu, M. (2020). Formulating reduced-fat sausages with quinoa or teff flours: Effects on emulsion characteristics and product quality. *Food Science of Animal Resources*, 40(5), 710–721. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2020.E46>
- Pachekrepapol, U., Thangrattana, M., & Kitikangsadan, A. (2022). Impact of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on chemical, physical, microbiological and sensory characteristics of fish burger prepared from salmon and striped catfish filleting by-product. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, 100598. <https://doi.org/10.1016/J.IJGFS.2022.100598>
- Palacios, A. (2021a). ELABORACIÓN DE HAMBURGUESA DE PESCADO FORMULADA CON PULPA DE BONITO *Sarda chiliensis chiliensis* Y ALGA ROJA *Chondracanthus chamissoi* EN EL PUERTO DE ILO 2021. *Universidad Nacional De Moquegua*, 052, 1–88.
- Palacios, A. (2021b). Elaboración de hamburguesa de pescado formulada con pulpa de bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) y alga roja (*Chondracanthus chamissoi*) en el puerto de Ilo 2021. *Universidad Nacional De Moquegua*, 052, 1–88. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18030>
- Perea, A., Gómez, E., Mayorga Yamile Triana, & Cora, Y. (2008, March 28). *Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo regional en Bucaramanga, Colombia*. SciELO. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100013
- Pérez, B., Herrera, T., & Miguel, E. (2025). Efecto del cocinado en hamburguesas de ternera elaboradas con distintos tipos de grasa. *XXI Jornadas Sobre Producción Animal de AIDA*.
- Piza, G. V. (2022). *Industrialización del calamar (Decapodiformes) y tilapia negra (Oreochromis niloticus) como materia prima en la obtención de un embutido tipo surimi* [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PIZA%20CEDILLO%20GENESIS%20VALERIA.pdf>

- Prieto, B., & Carballo, J. (2009). El control analítico de la calidad en los productos cárnicos crudos-curados. *Journal of Food*, 5, 112–120. <https://doi.org/10.1080/11358129709487570>
- Quiroga, C. C. (2020). Native food crops for present and future generations: Their role in nutrition and health. *Sustainability of the Food System: Sovereignty, Waste, and Nutrients Bioavailability*, 3–23. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818293-2.00001-X>
- Ruíz, J., Martín, D., & Ventanas, S. (2004). *La calidad de la carne en porcino*. https://www.researchgate.net/publication/220036861_La_calidad_de_la_carne_en_porci_no
- Ruiz, L. A. (2020). *Evaluación sensorial de hamburguesas al sustituir parcialmente carne y grasa de cerdo (Sus scrofa) por harina de tarwi (Lupinus mutabilis)*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8243>
- Santos, K. de L., Moisés de Sousa, F., Duarte de Almeida, R., Pereira de Gusmão, R., & Gusmão, T. A. S. (2019). Replacement of Fat by Natural Fibers in Chicken Burgers with Reduced Sodium Content. *The Open Food Science Journal*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.2174/1874256401911010001>
- Schmidt, H. H. (1984). *Carne y productos cárnicos su tecnología y análisis* (EDITORIAL UNIVERSITARIA, Ed.).
- Shokry, A. M. (2016). *The Usage of Quinoa Flour as a Potential Ingredient in Production of Meat Burger with Functional Properties*.
- Soteras, T., Cunzolo, S. A., Carduza, F. J., & Grigioni, G. M. (2019). Uso de sal esférica para la reducción de sodio sin variación del gusto salado en la obtención de una hamburguesa de carne de cordero con aptitudes tecnológicas y sensoriales. *Revista Del Foro de La Alimentación, La Nutrición y La Salud*. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/11703?locale-attribute=en>
- Suca, G. R., & Suca, C. A. (2015). Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. In *Rev. Per. Quím. Ing. Quím* (Vol. 18, Issue 2).
- Varnam, A. H., & Sutherland, J. P. (1998). *Carne y productos cárnicos : tecnología, química y microbiología*. Acribia. https://www.editorialacribia.com/libro/carne-y-productos-carnicos-tecnologia-quimica-microbiologia_54187/

VIII. ANEXO

Resultados promedio de la investigación

Proporción grasa/tarwi (%)	Tiempo de amasado (minutos)	Rendimiento de Cocción (RC)	Reducción del Diámetro (RD)	Retención de la Grasa (RG)	Retención de Humedad (RH)
20	3	81.78	5.20	86.05	45.41
40	3	87.32	-2.30	41.94	50.31
60	3	88.62	-0.19	97.59	51.19
20	6	86.10	1.73	133.81	49.37
40	6	89.91	-2.68	95.01	52.99
60	6	88.33	-2.87	116.57	52.14
20	9	88.53	0.38	168.56	51.49
40	9	90.28	-1.52	145.98	52.92
60	9	89.45	-0.38	71.20	53.83