

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La hamburguesa es un producto reestructurado cárnico que dentro de las últimas décadas ha visto incrementado su consumo, siendo uno de los productos congelados con mayor demanda en todo el mundo (Ojeda, 2009, pág.3).

Desde su presentación el año 1904 en la Feria Mundial de San Luis, Estados Unidos, la hamburguesa una pieza de carne entre dos panes ha conquistado a todo el mundo. Bolivia no podía ser la excepción. Antes del arribo de las transnacionales, los vendedores locales ya las producían en base a antiguas recetas adaptadas al paladar nacional y que incluían diversidad de variantes. Con la llegada de grandes empresas como Mc Donald's y Burger King es que se impulsó una industria más grande que hoy se enorgullece de tener un producto para exportación con materia prima nacional (Quispe, 2005).

El crecimiento de la clase media en el país ha dado lugar a que mucha gente que antes no podía darse un gusto con la comida rápida, ahora lo pueda hacer. El crecimiento de locales de comida rápida a nivel nacional, en especial en el eje central, ha cambiado la forma de vida de los habitantes. La distancia del trabajo a la casa obliga a muchos a acudir a estos locales para satisfacer sus necesidades. El aumento de trabajo en las oficinas también es un indicador para que el consumo aumente (Suárez, 2013).

En realidad, a nivel nacional no se cuentan con datos sobre las diferentes empresas y/o emprendimientos personales sobre la producción y clasificación de las mismas; ya que existe una gran diversificación de tipos que son elaboradas a base de carne vacuna, cerdo y/o de pollo. Sin embargo, la mayoría de este tipo de producto se caracteriza por tener un contenido elevado de carne magra, que no contribuyen en gran medida a tener una dieta saludable (Quispe, 2005).

La hamburguesa es la comida rápida más famosa del mundo que ha sufrido variaciones según el lugar donde se la sirve. En Santa Cruz se crearon también variantes fusionándola con sabores nacionales y del exterior (Jimenez, 2013, pág.1).

Como ser Hamburguesa Chilli con carne, hamburguesa Tex-Mex, hamburguesa la Gaira, hamburguesa Factory, hamburguesa Robin, hamburguesa Burguer Station, hamburguesas Toby hamburguesas Sr.Carne Grill, el Cuartito, hamburguesa Fridosa, hamburguesas XL, Sofía, etc. (Bustillo, 2017, pág, 20-26).

A nivel de la provincia Cercado existen varias tipos de hamburguesas que son elaboradas por locales y personas de manera artesanal, como ser: Glu-GLu, Snack Lucas, Mac-Ronald, Las Hediondas, Juancheras, Crocan Pollo, Toby, Mumu Fast Food, Brother's Fast Food, entre otras (Hoyos, 2017).

1.2 Justificación

- En la provincia Cercado del departamento de Tarija no existe un importante consumo de carne de llama, ya que es limitada su incorporación para algunos productos como ser charque de llama, chorizos con carne de llama, entre otros y no así una hamburguesa que incorpore carne de llama.
- Dada esta situación, se pretende elaborar una hamburguesa con carne de llama que permita ser introducida en los locales de comida rápida con la finalidad de aprovechar los beneficios nutricionales que tiene esta carne en la salud, bajo contenido de colesterol y es rica en componentes como ser proteína y hierro.
- Así mismo, se pretende sustituir el consumo de carne de res en los diferentes locales de comida rápida, con la finalidad de coadyuvar a una mejor dieta en la salud de las personas; disminuyendo el consumo de carne magra rica en colesterol que trae consigo la aparición de enfermedades cardiovasculares.

- En la provincia Cercado existe un consumo considerable de hamburguesas provenientes del departamento de Santa Cruz que no contribuyen a una buena alimentación, por lo tanto, con el presente trabajo se desea promover a incorporar un nuevo producto al mercado que contribuya de alguna manera a mejorar la parte nutricional.

1.3 Objetivos

Los objetivos para el presente trabajo de investigación son los siguientes:

1.3.1 Objetivo general

Elaborar hamburguesa incorporando carne de llama, mediante el proceso de transformación de carnes, con el fin de obtener un producto de calidad nutricional para la población en general.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima, con el fin de establecer su composición química.
- Seleccionar muestra preliminar mediante evaluación sensorial
- Realizar el diseño experimental con el fin de establecer las variables en el proceso.
- Seleccionar muestra de referencia de hamburguesa.
- Evaluar el producto final con muestra de referencia.
- Determinar la cinética de congelación en el producto final.
- Realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico del producto terminado, con la finalidad de establecer su calidad nutricional.
- Realizar el balance de materia para el proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama con el fin de determinar el rendimiento del producto.

- Determinar el consumo de energía para el proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama.

1.4 Variables dependientes e independientes

VD: Hamburguesa con carne de llama

VI: Proceso de transformación de carnes

1.5 Planteamiento del problema

En la provincia Cercado del departamento de Tarija, no existen un consumo importante relacionado a la carne de llama por la poca información nutricional, referente a las propiedades benéficas que podría tener esta carne para contribuir a una mejor salud de las personas; especialmente por el bajo contenido de colesterol, proteína y hierro. Así mismo, existen varias locales de comida rápida que no ofertan hamburguesas saludables que permitan ser menos dañinas para la salud; especialmente para personas jóvenes y tan solo se limitan a ofrecer productos no favorables para una dieta balanceada que son ricas en grasa saturadas.

El proceso de transformación de carnes permite incorporar procesos tecnológicos para transformar y modificar la materia prima e insumos en derivado cárnico con el fin de mejorar su valor nutricional.

1.6 Formulación del problema

¿Cuál será el proceso de transformación de carnes a ser aplicado para elaborar hamburguesa incorporando carne de llama con el fin de obtener un producto de calidad nutricional para la población en general?

1.7 Hipótesis

Aplicando el proceso de transformación de carnes adecuado es posible elaborar la hamburguesa incorporando carne de llama para obtener un producto de calidad y alto valor nutritivo para la población en general.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de la hamburguesa

La hamburguesa tal y como la conocemos hoy, nació en Alemania en el siglo XIV. Era una comida para personas de menos recursos, que se elaboraba con carne de muy baja calidad y condimentos baratos. El nombre de esta receta vino de la ciudad de Hamburgo, donde se empezó a conocer como filete hamburgués (García, 2017).

La más antigua referencia que se conoce acerca de esta preparación data del imperio romano, No obstante, todos afirman haber cocinado una hamburguesa por primera vez en el periodo que va desde 1885 a 1904, lo que permite acotar el momento de su creación en un período de un par de décadas (García, 2017).

La historia de la hamburguesa comienza en el imperio egipcio de donde los romanos se inspiraron en una receta confeccionada con carne de res molida en el interior de un pan, mezclada con piñones, sal y vino picado (Fernández & Fuentes, 2009, pág.76).

2.2 Definición de la hamburguesa

La hamburguesa es un producto cárnico, elaborado a partir de carne cortada en cubos, molida y mezclada con otros ingredientes, como condimentos y aditivos alimentarios. El producto es entonces formateado, observándose la espesura del mismo, y sometido a congelamiento. Finalmente, el producto es envasado en bolsas plásticas y se almacena a temperaturas de congelamiento de -18°C (0°F). Debe freírse el producto antes de consumirlo (OPS, 2015).

2.3. Clasificación general de las hamburguesas

En la tabla 2.1 se muestra la clasificación general de las hamburguesas.

Tabla 2.1*Clasificación general de las hamburguesas*

Hamburguesas de res	SERNAC, 2016
Hamburguesas de pollo	SERNAC, 2016
Hamburguesas de cerdo	SERNAC, 2016
Hamburguesas de cordero	Valdivia, 2017
Hamburguesa de pescado	Melgarejo & Maury, 2002
Hamburguesa de pavo	SERNAC, 2016
Hamburguesa de soya	Ferrara, 2013
Hamburguesa miscelánea	SERNAC, 2016
Hamburguesas fortificadas	Ferrara, 2013

2.4. Composición química de la hamburguesa

En la tabla 2.2 se puede observar la composición química de la hamburguesa.

Tabla 2.2*Composición química de la hamburguesa*

Componentes	Composición
Peso	102 g
Calorías	248 Kcal
Proteínas	12 g
Carbohidratos	32 g
Grasa total	9 g
Grasa saturada	3 g
Colesterol	29 ml
Sodio	553 ml
Fibra	2 g
Vitamina A	0
Vitamina C	35
Calcio	14 %
Hierro	10 %

Fuente: Cruzado, 2014

2.5 Parámetros sensoriales

Para la caracterización de los parámetros sensoriales se toma los siguientes:

2.5.1 Dureza

Es el comportamiento de la carne a la masticación. Esto implica la resistencia de la carne a la presión dental, la dificultad de cortar la carne, el grado de adhesión (depende de la cantidad de reticulina y de elastina). La dureza depende de la cantidad y de la calidad del tejido conectivo, también del grado interacciones entre las proteínas y del grado de desorganización de las miofibrillas. Por último, y algo menos importante, depende de la cantidad de grasa intermuscular e intramuscular que enmascara a la hora de masticar la cantidad de tejido conectivo. Depende de los mismos factores ante mortem que la textura, siendo las carnes con textura más vastas las más duras. También dependerá de factores post mortem como: Rigor mortis: un rigor mortis muy severo tendrá como consecuencia carne dura ya que el grado de acortamiento es mayor. Maduración: el tiempo que actúan las enzimas sobre las miofibrillas hará que si éste es más largo se desorganizan mucho más siendo la carne más blanda (Bustacara & Joya, 2007).

2.5.2 Jugosidad

La jugosidad de la carne se puede desligar en dos percepciones. La primera es la impresión de humedad durante los primeros mordiscos, producida por la liberación rápida de fluidos. La segunda consiste en una liberación lenta consistente de suero y efecto estimulador de la grasa en la producción de saliva (Bustacara & Joya, 2007).

2.5.3 Aroma y sabor

La carne cruda tiene un débil olor que ha sido descrito como un recuerdo del ácido láctico comercial. La carne de animales más viejos ofrece un olor más fuerte ocasionado generalmente por hormonas de origen estrogénico y androgénico. El almacenamiento prolongado en condiciones desfavorables produce aromas proteolíticos por la descomposición ocasionada por la acción de las bacterias sobre las proteínas, olores acres o pútridos por el crecimiento microbiano, y rancios por la oxidación de las grasas. El aroma de la carne cocinada es mucho más pronunciado que

el de la carne cruda y se ve afectado por el método de cocción (Bustacara & Joya, 2007).

2.5.4 Color

El aspecto físico de la carne y los productos cárnicos presentados al consumidor es algo esencial. La apariencia física es la principal característica en la que se basa el consumidor para seleccionar el producto, se considera que el color de la carne es el primer factor a tener en cuenta por el consumidor por ser este relacionado con la frescura, por tal razón la industria desarrollo productos específicos para el manejo del color. El color depende de la cantidad de pigmento mioglobina y hemoglobina del músculo, también del estado oxido reducción e influenciado por la capacidad de retención de agua, porque cuando tiene agua ligada absorbe más radiaciones y refleja pocas dando una impresión más oscura (Bustacara & Joya, 2007).

2.6 Materia prima para la elaboración de hamburguesas

2.6.1 Carne de cerdo

La carne es un alimento presente en la dieta cotidiana, buena fuente de proteína de alto valor biológico para el ser humano ya que contiene los aminoácidos esenciales que se requieren para tener una buena salud, contiene vitaminas y minerales y es agradable al paladar (SIPSA, 2012).

2.6.1.1 Beneficios de la carne de cerdo

A diferencia de lo que sucede con la carne roja, la de cerdo presenta un porcentaje de ácidos grasos saturados mucho más reducida. Has de recordar que, para su adecuado funcionamiento, nuestro organismo precisa de un aporte constante de los llamados ácidos grasos esenciales, un tipo de grasas necesarias para sintetizar al resto. En torno al 70% de la grasa se puede eliminar sin mayores complicaciones dado que es subcutánea (Méndez, 2016).

Por otro lado, nos encontramos ante el alimento de origen animal de mayor contenido en vitamina B1, beneficiosa para nuestra salud cardiovascular, así como para

metabolizar los carbohidratos y producir energía. Al mismo tiempo, presenta en su composición nutricional importantes dosis de riboflavina y niacina que contribuirán al correcto funcionamiento de nuestro sistema nervioso (Méndez, 2016).

Igualmente, hemos de destacar la presencia de otras vitaminas como la B6 y la B12 y de minerales como el hierro, zinc, fósforo y potasio, que representan el 1% de su peso. Tal y como se comentaba en líneas anteriores, la carne de cerdo es ideal para incluir en cualquier etapa de la vida. En el caso de los niños, este alimento les puede ayudar a potenciar su desarrollo cognitivo por su aporte de hierro y contribuir a su metabolismo energético normal por su contenido en vitamina B1 (Méndez, 2016).

Por su parte, los adolescentes encontrarán en la carne de cerdo su mejor aliado para recibir el nivel de proteínas que su cuerpo necesita dado que en esta etapa, su organismo se encuentra inmerso en una continua síntesis y cambio proteico. Durante el embarazo es igualmente esencial, porque el aporte de vitamina B12 de la carne de cerdo ayudará al proceso de división celular y a la formación normal de los glóbulos rojos (Méndez, 2016).

Finalmente, en la etapa de la vejez hemos de tomar una serie de medidas preventivas para mejorar la salud de nuestro corazón, algo a lo que contribuye la vitamina B1 de la carne de cerdo. Nada desdeñable tampoco son los beneficios que nos proporciona el potasio, presente en su composición nutricional para regular los niveles de presión arterial (Méndez, 2016).

2.6.1.2 Composición nutricional de la carne de cerdo

En la tabla 2.3 se muestra la composición nutricional de la carne de cerdo por 100g.

Tabla 2.3

Composición nutricional de la carne de cerdo

Calorías	310,0 Kcal
Proteínas	15,5 g
Hidrato de carbono	-
Grasas	27,5 g
AG Saturados	11,5 g
AG Monoinsaturados	12,9 g
AG Poliinsaturados	2,2 g
Colesterol	72 mg
Fibra	-
Sodio	71,0 mg
Calcio	9,0 mg
Hierro	2,5 mg
Potasio	300, 0 mg
Vitamina B1	0,95 mg
Vitamina B2	0,19 mg
Vitamina B3	4,25 mg
Vitamina B6	0,37 mg
Vitamina B9	3 µg
Vitamina B12	2 µg
Vitamina E	-

Fuente: Villarino, 2004

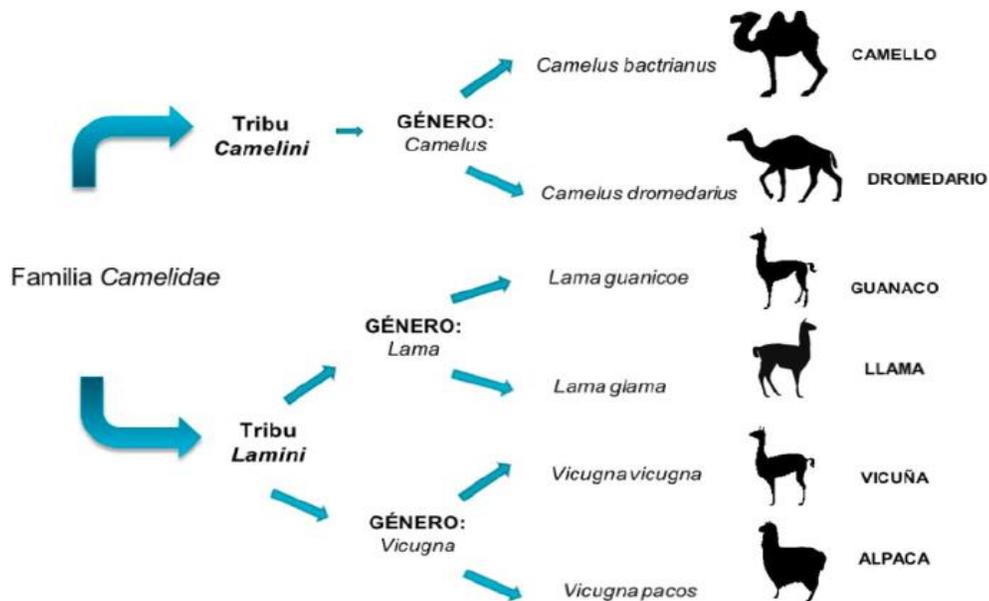
2.6.2 Llama

Llama (*Lama glama*) es el resultado de la domesticación del guanaco, y es el camélido sudamericano de mayor tamaño. Es originario de los Andes, Patagonia y Tierra del Fuego en Argentina, Bolivia, Chile, noroeste de Paraguay y sur de Perú. Esta especie - Lama glamadomesticada en el noroeste de Argentina, dio origen a la primera ganadería autóctona y sus características han permitido utilizar este animal como fuente de carne, como animal de carga y también como proveedor de fibra y cuero. Tiene un comportamiento más eficiente y requiere menos cuidados que los otros ganados en cuanto al clima y las pasturas alimentaria (Ministerio de Producción y Trabajo. Secretaría de Agroindustria, 2016).

2.6.2.1 Origen de la llama

Los Camélidos aparecieron en América del Norte hace 45 millones de años aproximadamente a partir de un pequeño antecesor de 30cm de talla (*Protylopus petersoni*). La tribu de los Lamini, representada por fósiles del género *Pliauchenia*, se originó entre 9 y 11 millones de años atrás en las praderas del oeste de América del Norte (Jiménez et al., 2010).

A partir de este antecesor apareció el género *Hemiauchenia* hace aproximadamente 10 millones de años. Algunas especies de este género migraron hacia América del Sur durante la transición del Plioceno al Pleistoceno hace aproximadamente tres millones de años. En la misma época, hace alrededor de tres millones de años, antecesores de los camélidos de la tribu de los Camelini emigraron a Asia por el estrecho de Behring, donde continuó el proceso de evolución y domesticación hasta los camellos y dromedarios actuales (Jiménez et al., 2010).



Fuente: Álvarez y Medellín, 2005
Figura 2.1 Origen de la llama

2.6.2.2 Taxonomía

En la tabla 2.4 se muestra la clasificación taxonómica de la llama.

Tabla 2.4

Clasificación taxonómica de la llama

<i>Información taxonómica</i>	
Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Artiodactyla
Familia	Camelidae
Nombre científico	Lama glama Linnaeus, 1758
Nombre común	Llama. Español e inglés

Fuente: Álvarez y Medellín, 2005

2.6.2.3 Características de la carne de llama

Es un producto que cuenta con fortalezas tales como menor proporción de grasas y colesterol, y mayor contenido de proteínas que la de las especies ganaderas tradicionales, cualidades que han despertado interés entre consumidores que priorizan la salud y la calidad alimentaria. Además de las virtudes señaladas, hay que destacar que esta carne tiene un sabor suave y compatible culinariamente con las de bovinos, porcinos y ovinos. Dentro de los cortes más buscados están el lomo y las patas (Ministerio de Producción y Trabajo. Secretaría de Agroindustria, 2016).

2.6.2.4 Nutrientes de la carne de llama

2.6.2.4.1 Proteínas

Como todo alimento de origen animal, la carne de llama posee proteínas de alto valor biológico (PAVB). Estas proteínas están compuestas por sustancias que nuestro cuerpo no puede fabricar y por ello, tienen que ser obtenidas a través de la alimentación. El contenido de proteínas de la carne de llama es mayor a la de otras carnes, siendo de

24g/100 g de carne (Ministerio de Producción y Trabajo. Secretaría de Agroindustria, 2016).

2.6.2.4.2 Grasas

Posee una proporción de grasa menor a las de las especies ganaderas tradicionales, siendo de 1,6 g/100 g de carne. Asimismo, el contenido de colesterol es menor al de otras carnes (Ministerio de Producción y Trabajo. Secretaría de Agroindustria, 2016, pág.1).

2.6.2.4.3 Vitaminas

En la carne de llama están presentes las vitaminas del complejo B, tal como en el resto de las carnes. Este complejo de vitaminas colabora en la obtención de energía de los alimentos que se consumen, e intervienen en la formación de glóbulos rojos (Ministerio de Producción y Trabajo. Secretaría de Agroindustria, 2016)

2.6.2.4.4 Minerales

Al igual que todas las carnes, la de llama aporta hierro de muy buena absorción (hierro hem), contrario al hierro proveniente de alimentos de origen vegetal. La carne de llama aporta minerales importantes como el fósforo, magnesio y zinc, vitales en todas las etapas de la vida (Ministerio de Producción y Trabajo. Secretaría de Agroindustria, 2016, pág.2).

2.6.2.5 Producción y consumo

Su producción se concentra en la región de la Puna de Jujuy, Catamarca y Salta. Esas tres provincias representan el 95% de la producción nacional. Se estima que el número de cabezas de llama supera las 220.000, y se espera que en los próximos años el inventario aumente. En la actualidad, resulta de suma importancia para la subsistencia de la población local, el aprovechamiento de su carne para autoconsumo, además de la utilización de su lana. Debido a que tanto la faena como el transporte y la comercialización del grueso de la producción de carne aún no cuentan con una cadena comercial bien definida, resulta difícil contar con cifras exactas del volumen

consumido (Ministerio de Producción y Trabajo. Secretaría de Agroindustria, 2016, pág.2).

2.6.2.6 Beneficios de la carne de llama

La carne de llama aporta varios beneficios principalmente por su alto contenido de proteínas y hierro y bajo aporte de grasas y colesterol. Es apta para todos y se puede incluir en una dieta equilibrada. Por sus propiedades y beneficios es una gran alternativa para las personas que presentan obesidad y sobrepeso. También está indicada para aquellos pacientes con enfermedades cardiovasculares, diabetes e hipertensión arterial debido a sus mínimos niveles de colesterol mg (Hoyos, 2017).

En relación con otras carnes, la carne de llama tiene un mayor contenido de proteínas es un 23.9 por ciento, en comparación con el pollo que tiene un 21.4 por ciento y la carne de res con un 21 por ciento. Asimismo, el contenido de grasas también es reducido, ya que en 100 gramos de carne de llama presenta entre 30 a 40 mg de colesterol, mientras que en el pollo es de 88 mg y la de res de 90 mg (Hoyos, 2017).

2.6.2.7 Comparación de composición química de la carne de llama con otras carnes

En la siguiente tabla 2.5 se muestra una comparación fisicoquímica de la carne de llama con las ya conocidas.

Tabla 2.5

Comparación de composición química de la carne de llama con otras carnes

Composición Química Gramos por 100	Llama	Ovino	Bovino	Porcino	Ave
Proteínas totales	20,3	19	18	16,8	18,5
Grasas	4,3	13	10	22,7	5,6
Cenizas	2,13	1	2,4	0,8	0,8
Humedad	74,3	67	71	60	75
Colesterol (mg por 100)	29,3	90	70	70	74

Fuente: Vera, et al., 2006.

2.6.2.8 Comparación de contenido de minerales de la carne de llama con otras carnes

En la siguiente tabla 2.6 se muestra una comparación fisicoquímica de la carne de llama con las ya conocidas.

Tabla 2.6

Contenido de minerales en el musculo de camélidos sudamericanos y otros rumiantes

Minerales	Alpaca LD	Alpaca LT	Llama LT	Ovino LD	Bovino S y BF
Potasio	419 ± 48	411 ± 80.1	447.1 ± 69.5	321.3 ± 18.3	515 ± 15.4
Fósforo	295 ± 30	338.1 ± 58.9	419 ± 67.7	399 ± 6.5	240.3 ± 3.4
Sodio	88.4 ± 15.2	91.8 ± 22.7	105.6 ± 33.1	118.8 ± 1.8	180.1 ± 2.9
Magnesio	33.8 ± 4.1	23.1 ± 5.4	28.4 ± 7.1	21.7 ± 0.8	48.5 ± 1.0
Calcio	4.44 ± 2.1	48.8 ± 2.7	11.6 ± 3.3	19 ± 0.3	46.5 ± 1.6
Zinc	4.44 ± 2.1	3.9 ± 0.9	4.4 ± 0.8	5.7 ± 0.5	1.0 ± 0.0
Hierro	2.699 ± 1.0	3.9 ± 0.9	3.3 ± 0.7	3.1 ± 0.0	1.0 ± 0.0
Cobre	0.10 ± 0.06	n/d	n/d	n/d	n/d
Manganeso	0.02 ± 0.01	n/d	n/d	n/d	0.18 ± 0.18

Fuente: Lindon, et al., 2013

2.6.3 Grasa

La grasa de los tejidos como la dorsal, la de la pierna y de la papada es una grasa resistente al corte y se destina a la elaboración de los productos cárnicos. La más utilizada es la de cerdo por sus características de sabor y aroma que aporta al producto. Esta grasa a usar debe mantenerse en refrigeración o congelación preferiblemente para impedir alteraciones (Botero et al., 2009).

2.7 Insumos en la elaboración de la hamburguesa con carne de llama

Los insumos necesarios para la elaboración de hamburguesa se detallan a continuación:

2.7.1 Agua

El agua es la sustancia química presente en mayor cantidad (50% – 60%) en el producto final. Puede agregarse de dos maneras: ligada a los ingredientes cárnicos y como hielo

o agua ligada, dependiendo de la temperatura de la mezcla en el momento de ser añadido. El agua mejora las características del embutido aumentando la blandura y jugosidad del mismo (Bustacara & Joya, 2007).

2.7.2 Cebolla

Es un bulbo originario en Asia, usado como condimento y como vegetal en la cocina. Por sus aromas y sabores peculiares, se incorpora en alimentos para realzar su sabor, pero puede además ser la base de la preparación en sí. Se utiliza para preparar salsas, guisados, estofados, vinagretas y ensaladas (Wylie, 2013).

2.7.3 Sal común

La sal usada en alimentos procesados en concentraciones que oscilan en torno al 1 - 3%, cumple con dos funciones principales: Actúa como agente depresor de la actividad de agua facilitando la conservación del producto y contribuye a la sapidez (Ponce, 2010, pág.35).

Retarda el crecimiento microbiológico. La sal se disuelve en la humedad que contiene una carne procesada reduciendo la actividad de agua (A_w), es uno de los componentes básicos de sabor en carnes procesadas (Ponce, 2010, pág.35).

La sal es un conservante de gran relevancia dentro el procesamiento, no solo da sabor, sino que conserva el buen estado de las carnes, disuelve las proteínas y contribuye a mantener la textura en las carnes procesadas (Ponce, 2010, pág.35).

2.7.4 Condimento de hamburguesa



Fuente: NATUREX, 2018

Figura 2.2 Condimento de hamburguesa

2.7.5 Perejil

De origen desconocido, sabor fuerte y algo amargo, de esta hierba se utilizan sus hojas picadas y acompañan muy bien carnes blancas y rojas, salsas, vinagretas y rellenos (Wylie, 2013, pág.15).

2.7.6 Ajo en polvo

Se utiliza para preparar pesto, condimentar vegetales crudos, carnes al horno, a la plancha o parrilla, y se agrega a los aceites para darles más sabor (Wylie, 2013, pág.19).

El ajo molido es ideal para dar sabor a nuestros platos, un producto exquisito para aderezar salsas de carne y pescado, así como para realza el sabor de guisos y sofritos.

El ajo molido se obtiene de la molienda de los frutos deshidratados y granulados de *Allium sativum*, el cual conserva el aroma y el sabor característico del ajo (Pedroza, 2016).



Fuente: BADIA, 2018
Figura 2.3 Ajo en polvo

2.7.7 Pimienta negra en polvo

La pimienta es un condimento importante y esencial en nuestra cocina que da un toque picante, aromático y de sabor a cualquier plato. Además, los beneficios de la pimienta para la salud son muchos y variados. Ayuda a realizar la digestión, pues la pimienta es vasoconstrictora y agiliza la circulación de la sangre, además de facilitar la función de los riñones y estómago, por lo que es bueno utilizarla en comidas pesadas (Pedroza, 2016).



Fuente: BADIA, 2018

Figura 2.4 Pimienta negra en polvo

2.7.8 Albúmina del huevo

La albúmina es una sustancia orgánica nitrogenada, viscosa, soluble en agua, coagulable por el calor, contenida en la clara de huevo. La albúmina de huevo se obtiene al separar mecánicamente la clara de la yema (Vidaurre, 2006, pág.1).

Tiene una capacidad aglutinante característica de la clara y de la yema aprovechada |en charcutería. Permite la unión de los diferentes componentes de un producto elaborado gracias a la capacidad de los sistemas coloides que son la clara y la yema para formar geles en los que engloban otras sustancias añadidas. Los patés, por ejemplo, consiguen su textura gracias a esta propiedad (Sastre y col, 2003).

2.8 Emulsión

Una emulsión es un sistema de dos fases que consta de dos líquidos parcialmente miscibles, uno de los cuales es dispersado en el otro (Bolaños y col, 2012, pág.4).

2.8.1 Emulsión cárnica

También llamada pasta fina. Es una mezcla finamente dividida de carne, grasa, agua, sales, condimentos y frecuentemente carbohidratos e ingredientes de diversos tipos (Bolaños y col, 2012, pág.5).

- Tiene un aspecto homogéneo.
- Las proteínas de la carne actúan como agentes emulsificantes.

2.8.1.1 Fases de una emulsión cárnica

Las emulsiones cárnicas o pastan consisten de una dispersión de sólidos en un medio líquido (Bolaños y col, 2012, pág.7).

Estas se dividen en dos:

- La fase líquida es la solución de sal y proteína en la que se encuentran dispersas las proteínas insolubles, partículas de carne y tejido conjuntivo.
- La fase sólida consiste de partículas grasas, que generalmente, son más pequeñas que las células del tejido adiposo.

2.8.1.2 Factores que afectan la estabilidad de una emulsión cárnica

Bolaños y col. (2012) afirma que los factores que afectan la estabilidad en una emulsión cárnica son los siguientes

- Las proteínas miofibrilares deben solubilizarse, para que las partículas de grasa puedan mantenerse en suspensión líquida.
- Deben seleccionarse materias primas cárnicas que tengan niveles adecuados de proteína funcional miofibrilar.
- A temperaturas elevadas, la grasa se funde y se torna plástica.
- El tratamiento térmico.
- La temperatura y la humedad relativa también pueden influir en el color, la textura y la facilidad de pelado.
- El proceso mecánico.

2.8.2 Clases de emulsiones cárnicas

Según Ponce (2010) existen dos tipos de emulsiones:

- Hidrofilicas (Emulsiones aceite, en fase continua de agua): En estas emulsiones la fase continua es el agua y la fase dispersa es la grasa. La mayoría de las emulsiones son de este tipo.
- Lipofílico (Emulsiones agua, en fase continua en aceite) La fase continua (de mayor proporción) es la grasa y la dispersa (de menor proporción) es el agua.⁹

Según su estructura básica, una emulsión cárnica puede considerarse como una mezcla en la cual los constituyentes de la carne finamente divididas se dispersan de modo análogo a una emulsión de Grasa en Agua; la fase discontinua es la grasa y la fase continua está constituido por una disolución acuosa de sales y proteína que lleva en suspensión proteínas insolubles, porciones de fibras musculares todavía dentro del sarcolema y restos de tejido conjuntivo (Ponce, 2010).

2.9 Conservación de la carne

➤ **Refrigeración**

La carne refrigerada puede conservarse como máximo durante 10 semanas aproximadamente a 0 °C cuando se embala al vacío. Para una conservación por frío de más larga duración, debe congelarse y almacenarse por debajo de - 10 °C. La congelación de la carne permite la expedición a mercados lejanos y el almacenamiento con vistas a armonizar producto y consumo; facilita la preparación y la distribución de la carne pre-embalada y es un medio de destrucción de parásitos en carne vacuna y de cerdo (Lavado, 2018).

➤ **Congelación**

La carne puede congelarse en canal, piezas gruesas, para el por menor o después de ser picada y preparada. La congelación de carne picada o reestructurada. Generalmente estas carnes han sido más manipuladas que las canales y las piezas, y existe el peligro de que hayan sido contaminadas, por tanto, es corriente conservarlas por congelación efectuando lo más pronto posible. La duración de conservación de estas carnes (Lavado, 2018).

2.10 Congelación de los alimentos

El congelado de alimentos es utilizado principalmente para conservarlos durante tiempos prolongados, sin embargo; inhibe la actividad microbiana, las reacciones bioquímicas se hacen más lentas y la Aw disminuye. Esto se debe al congelamiento del agua de los alimentos que se convierte en cristales de hielo y deja de estar disponible para los microorganismos (los cuales la necesitan para su desarrollo). No obstante, la mayoría de estos siguen con vida durante este proceso, con excepción de los parásitos. Por ello, durante el manejo de los alimentos en este estado, se los debe manipular de la misma forma, atendiendo principalmente a las buenas prácticas de manufactura. Todo alimento que se somete a congelación debe cumplir con las reglas higiénico-sanitarias y congelarse rápidamente, teniendo en cuenta las temperaturas de congelación industrial (-30 °C) y las domesticas (-18°C). Dichos alimentos deben estar envasados en recipientes herméticos o envueltos en materiales no impermeables al agua y al vapor. Además, no debe haber aire entre el alimento y el envase para evitar quemaduras por congelación que provoca una alteración en las características organolépticas. (Zuasnabar et al., 2016).

2.10.1 Métodos de congelación de carne

La transferencia de calor en congelación puede ocurrir por tres mecanismos: conducción, radiación y convección. La conducción requiere un buen contacto físico entre la carne y el medio congelante, y esto es generalmente difícil de alcanzar con carcasas y otros cortes irregulares (forma) de carne. La radiación no requiere ningún contacto físico, pero si se necesita una gran diferencia de temperaturas entre la superficie de la carne y la superficie circundante para alcanzar un significativo flujo de calor. La convección es el mecanismo de transferencia de calor más importante utilizado en la mayoría de sistemas de refrigeración de carne. En la mayoría de los casos, el aire refrigerado es el medio de transferencia; sin embargo, en algunos casos también se puede utilizar agua, salmuera o un gas criogénico (Lavado, 2018).

2.10.1.1 Métodos por corriente de aire

Es el método más utilizado para congelar carne, ya que es económico, higiénico y relativamente no corrosivo para el equipo. La gran ventaja de los sistemas por aire es su versatilidad, especialmente cuando se requiere congelar una variedad de productos de distintas formas o productos individuales. Los sistemas van desde el más básico, en el cual un ventilador aspira aire a través de un serpentín y elimina el aire refrigerado a un cuarto aislado, hasta equipos especializados como túneles o espirales de congelación rápida. En sistemas continuos, la carne se transporta a través de un túnel de congelación o un cuarto refrigerado, usualmente con un transportador aéreo o en una faja. Esto soluciona el problema de la distribución desigual del aire, ya que cada elemento se somete al mismo perfil de velocidad/tiempo (Lavado, 2018).

2.10.1.2 Métodos de congelación por contacto directo

Se basa en la transferencia de calor por contacto entre los productos y la superficie de metal (que se enfría por un refrigerante primario o secundario) o por inmersión directa en un líquido refrigerado. La congelación por contacto ofrece varias ventajas sobre la congelación por aire, por ejemplo, presenta una mejor transferencia de calor y un importante ahorro de energía. Sin embargo, las desventajas son: la necesidad de productos de forma regular con grandes superficies planas para un sistema de placa, y la necesidad de envolver y lavar el líquido de inmersión en los sistemas de inmersión (Lavado, 2018).

2.10.1.3 Congeladora de placas

Se caracteriza porque el calor se transmite desde el alimento hasta el refrigerante a través de una pared sólida metálica. Destacan los congeladores de placas, generalmente de aluminio o cualquier otro metal de elevada conductividad térmica. Las placas se montan en paralelo en sentido vertical u horizontal. Los espacios entre las placas son variables abriéndose para ser cargadas de alimentos envasados o sin envasar y cerrándose antes de proceder a la congelación. De forma que la superficie de las placas está en íntimo contacto con el alimento envasado o sin envasar (Lavado, 2018).

2.10.2 Velocidad de congelación

La velocidad de congelación es un factor muy importante ya que la calidad de la carne congelada depende fundamentalmente del tamaño de los cristales de hielo formados: cuanto menor sea la velocidad de congelación, mayor será el tamaño de los cristales. La congelación lenta facilita la separación de solutos y la migración de agua fuera de las células musculares, formando cristales grandes. La congelación rápida, por el contrario, produce muchos cristales pequeños, mayormente formados entre las células musculares, y reduce la migración de agua y la separación de solutos (Lavado, 2018).

El Instituto Nacional de Refrigeración (IIR) expresa que la velocidad de congelación como la velocidad con la que un frente de temperatura se mueve a través del cuerpo del producto (cm/h). Se obtuvieron buenos resultados cuando la temperatura estaba entre dos a cinco cm/h, se considera congelación lenta por debajo de 1 cm/h y congelación rápida por encima de cinco cm/h (Lavado, 2018).

La velocidad y el tiempo de congelación dependen de la cantidad total de calor que hay que extraer, de la temperatura inicial y final, de las características del producto, como por ejemplo su composición, su masa total, sus dimensiones (especialmente el espesor) y su estructura, de la presencia de embalaje y su naturaleza, y finalmente del procedimiento de enfriamiento (Lavado, 2018).

Lavado, (2018) afirma que la velocidad de congelación dependerá

- Con respecto al alimento: conductividad térmica del alimento y su tamaño, cuanto menor sea la distancia del centro térmico a la superficie del alimento en contacto con el sistema congelante más rápida será la congelación.
- Con respecto al equipo de congelación: gradiente térmico que crea la temperatura del centro (T_o) y su coeficiente individual de transmisión de calor.

2.10.3 Cambios de color de la carne durante el proceso de congelación.

La carne congelada es de apariencia oscura, ya que el oxígeno no puede producir el color rojo brillante de la oximioglobina. El color de la carne congelada varía con la velocidad de congelación, cortes de carne congelados rápidamente tienen un color rojo brillante, cortes congelados lentamente son de color rojo oscuro (Ojeda, 2009).

Estas diferencias en el color de la carne congelada debido a la velocidad de congelación es el resultado de la dependencia del crecimiento de cristales de hielo sobre la tasa de congelación. Pequeños cristales formados en una congelación rápida provocan una mayor dispersión de la luz que los grandes cristales formados en una congelación lenta, por lo tanto, la carne congelada rápidamente es opaco y pálido y las carnes congeladas lentamente es translúcida y oscura (Ojeda, 2009).

Una congelación rápida da lugar a más cristales, pero estos son de mucho menor tamaño, por lo que al estar en los espacios intercelulares y en el interior de la célula, el daño físico causado es menor. No hay deshidratación porque no hay grandes gradientes de presión de vapor, los cambios de textura serán mucho menores que en la congelación lenta (Ojeda, 2009).

2.10.4 Cambios de color de la carne congelada durante su almacenamiento

El color es el factor que más afecta la apariencia de la carne y de los productos cárnicos durante su almacenamiento y el que más influye en la preferencia de los consumidores, ya que generalmente se asocia color con buena calidad). En la carne congelada los cambios de color son el resultado del tiempo e almacenamiento, la temperatura, y la exposición a la luz (Ojeda, 2009).

2.11 Descongelado de los alimentos

La descongelación es una fase crítica en el proceso de congelación ya que implica el cambio de los cristales de hielo a agua líquida, la cual es reabsorbida, y la reactivación microbiana (Lavado, 2018, pág.27).

Al aplicar calor al producto congelado, su superficie se vuelve lo suficientemente caliente para transferir calor al interior y crear condiciones adecuadas de temperatura y humedad para el desarrollo de microorganismos (Lavado, 2018, pág. 27).

Bajas temperaturas de descongelación, por debajo de 5 °C, reducen el riesgo de crecimiento microbiológico y producen una tasa de descongelamiento lenta, la cual garantiza la eficiente reabsorción del agua derretida. Se recomienda que las carcasas se descongelen entre 4 y 6 °C, suspendidas y sin ninguna cobertura, dentro de un cuarto frío con un bajo nivel de circulación de aire (0,2 m/s aproximadamente). La humedad relativa debe mantenerse baja al inicio (70 por ciento) para evitar la formación de hielo en la superficie de la carne, con un incremento al final del periodo de descongelación hasta 90 – 95 por ciento. Se considera que el proceso ha terminado cuando la temperatura de la carne está entre 0 a 1°C (Lavado, 2018).

Usando una correcta forma de descongelación se obtendrán alimentos de buena calidad, evitando la pérdida de materia prima (sales, humedad y otros componentes). Además, dependerá del método de congelación utilizado previamente, ya que determina el tipo de formación de cristales de hielo y el daño mecánico sobre las estructuras celulares de los alimentos (Lavado, 2018).

El proceso de descongelación recomendado es el que se realiza en el refrigerador y nunca a temperatura ambiente. Se debe tener en cuenta que una vez descongelado el alimento este deberá ser utilizado inmediatamente. Nunca se deben re congelar los alimentos ya que, durante el proceso de congelación y descongelación, se ha producido modificaciones físico-químicas, cierto desarrollo bacteriano y actividad enzimática. Algunos alimentos quedan más susceptibles al desarrollo microbiano luego de este proceso debido a que se produce la destrucción de barreras antimicrobianas (Zuasnabar et al., 2016).

2.11.1 Tipos de descongelación

En función a la finalidad del producto, la descongelación se puede clasificar en 3 tipos:

2.11.1.1 Descongelación parcial

Se usa para fabricar porciones individuales congeladas a partir de productos congelados. Se eleva la temperatura del producto hasta 5 °C, donde el 60 ó 70 por ciento del agua aún está en forma de hielo, pero la consistencia del producto permite la manipulación y preparación de las raciones (Lavado, 2018).

2.11.1.2 Descongelación-cocción

Se cuece directamente el producto congelado, en este método se unen la rapidez y la seguridad sanitaria. Se considera que endurece algo la carne (Lavado, 2018, pág.29).

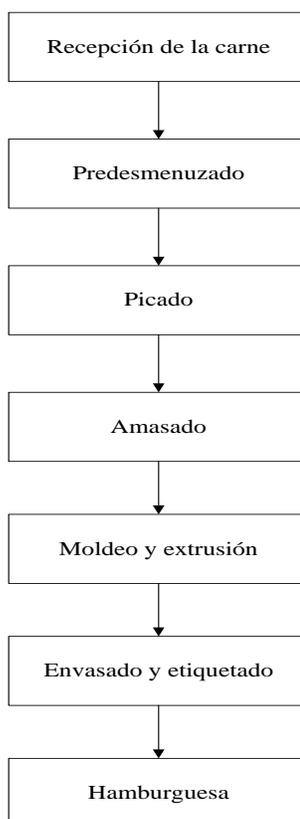
2.11.1.3 Descongelación-transformación

La descongelación completa es necesaria para efectuar sin dificultad operaciones como el deshuesado de carcasas de aves, piezas de carne, etc. (Lavado, 2018, pág.29).

2.12 Cocción de los alimentos

La función de este proceso es convertir el alimento en un producto sabroso y apetitoso, que sea digestible, otorgarle una temperatura agradable para el consumo y, lo más importante, disminuir la carga microbiana. Durante la cocción se produce la modificación de los componentes físicos y bioquímicos del alimento, ya sea a través del ablandamiento, la coagulación, el hinchamiento o la disolución. Es un método de eliminación de microorganismos sensibles a las altas temperaturas, aunque permite que sobrevivan las formas termosensibles las cuales incluye a las esporas bacterianas (Zuasnabar et al., 2016).

2.13 Proceso de elaboración de hamburguesa



Fuente: Valdiviezo, 2010

Figura 2.3 Proceso de elaboración de hamburguesa

En la figura 2.3 se muestra el proceso de elaboración de hamburguesa

2.13.1 Descripción del proceso de elaboración de hamburguesa

2.13.1.1 Recepción de la carne

La carne utilizada puede ser refrigerada o congelada.

2.13.1.2 Pre desmenuzado

El objetivo de esta operación es conseguir la primera reducción de tamaño de las piezas a unas dimensiones adecuadas para alimentar la picada. Esta reducción se hace manualmente con cuchillas o mecánicamente con máquinas troceadoras. Hay varios tipos de sierras: verticales o con cuchillas rotatorias.

2.13.1.3 Picado

Este proceso es muy importante porque determina en gran medida la textura final del producto. En la elaboración de la hamburguesa el picado será grueso para conseguir una textura fibrosa y desmenuzable. Con carnes fibrosas se suelen utilizar picadoras separadas, que separan las fibras de la carne magra.

2.13.1.4 Amasado

Con el amasado se compone la composición de la masa de carne y se distribuye de forma uniforme la sal y los demás ingredientes. Las amasadoras más corrientes son las de forma de tambor, las de brazo amasador, las de aletas y las de hélice o eje espiral. En cualquiera de los casos, se aconseja que la máquina trabaje al vacío por cuestiones higiénicas.

2.13.1.5 Moldeado y extrusión

El moldeo y la extrusión proporcionan a la carne amasada la forma, el tamaño y la textura adecuada.

2.14 Cinética de congelación

Es la representación gráfica de la variación de la temperatura del alimento en función del tiempo para un determinado punto, usualmente el centro térmico

Durante la congelación es una transferencia del calor por conducción en el estado no estacionario que transcurre con un cambio de fase. En algunos dispositivos de congelación hay que tener también en cuenta la resistencia a la transferencia del calor provocada por el medio externo que a menudo tiene lugar por convección (Fernández, 2005, pág., 1-2)

Por tanto, en un punto dado del interior de un alimento sometido a una temperatura externa por debajo de su punto de congelación, primero se produce un descenso de temperatura al perderse calor sensible. Una vez alcanzada la temperatura del punto de congelación, se pierde calor latente mientras se solidifica el agua (Fernández, 2005).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1 Desarrollo de la parte experimental

El presente trabajo de investigación “Elaboración de hamburguesa con carne de llama” se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), perteneciente a la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 Equipos de proceso, materiales de laboratorio, materiales de escritorio y utensilios de cocina

Durante la realización de la parte experimental, se utilizaron:

3.2.1 Equipos de proceso

Los equipos que se utilizaron para la elaboración de hamburguesa con carne de llama son los siguientes:

3.2.1.1 Balanza analítica digital

Se utilizó la balanza analítica digital (figura 3.1) para controlar con precisión materia prima e insumos que fueron utilizados. Las especificaciones técnicas se muestran en la tabla 3.1.

<p>Tabla 3.1 <i>Especificaciones técnicas de la balanza analítica</i></p>		<p>Fuente: LTA, 2018</p> 									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td>SYSTEL</td> </tr> <tr> <td>Capacidad</td> <td>Max. 3000g y Min. 0,5 g</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia</td> <td>50/60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>5w</td> </tr> </tbody> </table>			Características		Marca	SYSTEL	Capacidad	Max. 3000g y Min. 0,5 g	Frecuencia	50/60 Hz	Potencia
Características											
Marca	SYSTEL										
Capacidad	Max. 3000g y Min. 0,5 g										
Frecuencia	50/60 Hz										
Potencia	5w										
<p>Fuente: LTA, 2018</p>		<p><i>Figura 3.1</i> Balanza analítica digital</p>									

3.2.1.2 Cúter eléctrica

Se utilizó la cutter eléctrica (figura 3.2) que facilitó en la homogenización de las materias primas e insumos. Las especificaciones técnicas de la cúter se muestran en la tabla 3.2.

<p>Tabla 3.2 <i>Especificaciones técnicas de la cúter eléctrica</i></p>		<p>Fuente: LTA, 2018</p> 											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo</td> <td>-30 B</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>950 Kw</td> </tr> <tr> <td>Capacidad</td> <td>2 Kg</td> </tr> <tr> <td>Voltaje</td> <td>220 V</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia</td> <td>50 Hz</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: LTA, 2018</p>			Características		Modelo	-30 B	Potencia	950 Kw	Capacidad	2 Kg	Voltaje	220 V	Frecuencia
Características													
Modelo	-30 B												
Potencia	950 Kw												
Capacidad	2 Kg												
Voltaje	220 V												
Frecuencia	50 Hz												
		<p>Figura 3.2 Cúter eléctrica</p>											

3.2.1.3 Moledora de carne

Se utilizó la moledora (figura 3.3) para facilitar al proceso de elaboración de la hamburguesa, reduciendo el tamaño de la carne. Las especificaciones técnicas de la moledora se muestran en la tabla 3. 3.

<p>Tabla 3.3 <i>Especificaciones técnicas de la moledora de carne</i></p>		<p>Fuente: LTA, 2018</p> 									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Industria</td> <td>Argentina</td> </tr> <tr> <td>Marca</td> <td>Vefben</td> </tr> <tr> <td>Voltaje</td> <td>220 V</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>1,5 Kw</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: LTA, 2018</p>			Características		Industria	Argentina	Marca	Vefben	Voltaje	220 V	Potencia
Características											
Industria	Argentina										
Marca	Vefben										
Voltaje	220 V										
Potencia	1,5 Kw										
		<p>Figura 3.3 Moledora de carne</p>									

3.2.1.4 Mixer

Se utilizó el mixer (figura 3.4), que facilitó al proceso de elaboración de la hamburguesa, triturando a la cebolla. Las especificaciones técnicas de la moledora se muestran en la tabla 3.4.

<p>Tabla 3.4 <i>Especificaciones técnicas del mixer</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Industria</td> <td>Argentina</td> </tr> <tr> <td>Marca</td> <td>Philips</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>300 W</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: LTA, 2018</p>		Características		Industria	Argentina	Marca	Philips	Potencia	300 W	<p>Fuente: LTA, 2018</p>  <p><i>Figura 3.4</i> Mixer</p>
Características										
Industria	Argentina									
Marca	Philips									
Potencia	300 W									

3.2.1.5 Moldeadora de hamburguesa

Se utilizó la moldeadora de hamburguesa (figura 3.5), para darle el diámetro y espesor de la hamburguesa. Sus especificaciones técnicas se muestran en la tabla 3.5.

<p>Tabla 3.5 <i>Especificaciones técnicas de la moldeadora de hamburguesa</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td>Dak</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>Bronce</td> </tr> <tr> <td>Platillo</td> <td>Acero inoxidable</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>12.5 mm</td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>11 cm</td> </tr> <tr> <td>Ancho</td> <td>16.2 cm</td> </tr> <tr> <td>Largo</td> <td>25.5 cm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: LTA, 2018</p>		Características		Marca	Dak	Material	Bronce	Platillo	Acero inoxidable	Diámetro	12.5 mm	Altura	11 cm	Ancho	16.2 cm	Largo	25.5 cm	<p>Fuente: LTA, 2018</p>  <p><i>Figura 3.5</i> Moldeadora de hamburguesa</p>
Características																		
Marca	Dak																	
Material	Bronce																	
Platillo	Acero inoxidable																	
Diámetro	12.5 mm																	
Altura	11 cm																	
Ancho	16.2 cm																	
Largo	25.5 cm																	

3.2.1.6 Congelador

Se utilizó el congelador (figura 3.6), para poder congelar las hamburguesas. Sus especificaciones técnicas se muestran en la tabla 3.6.

<p>Tabla 3.6 <i>Especificaciones técnicas del congelador eléctrico</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #f4a460;">Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td>Brastemp</td> </tr> <tr> <td>Industria</td> <td>Brasilera</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia</td> <td>50 Hz</td> </tr> <tr> <td>Voltaje</td> <td>220 V</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: LTA, 2018</p>	Características		Marca	Brastemp	Industria	Brasilera	Frecuencia	50 Hz	Voltaje	220 V	<p>Fuente: LTA, 2018</p>  <p>Figura 3.6 Congelador eléctrico</p>
Características											
Marca	Brastemp										
Industria	Brasilera										
Frecuencia	50 Hz										
Voltaje	220 V										

3.2.1.7 Termómetro digital

El termómetro de aguja (figura 3.7) fue utilizado para controlar la temperatura durante el proceso congelación y sub la hamburguesa. En la tabla 3.7 se detallan las especificaciones del termómetro.

<p>Tabla 3.7 <i>Especificaciones técnicas del termómetro digital</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #f4a460;">Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td>Bar.B Check</td> </tr> <tr> <td>Rango</td> <td>60 metros</td> </tr> <tr> <td>Rango de temperatura</td> <td>-50°C - 300°C</td> </tr> <tr> <td>Largo del cable</td> <td>1 metro</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: LTA, 2018</p>	Características		Marca	Bar.B Check	Rango	60 metros	Rango de temperatura	-50°C - 300°C	Largo del cable	1 metro	<p>Fuente: LTA, 2018</p>  <p>Figura 3.7 Termómetro digital</p>
Características											
Marca	Bar.B Check										
Rango	60 metros										
Rango de temperatura	-50°C - 300°C										
Largo del cable	1 metro										

3.2.1.8 Envasadora al vacío

Se utilizó envasadora al vacío (figura 3.8), para realizar el envasado de las hamburguesas con carne de llama. Sus especificaciones técnicas, se muestran en la tabla 3.8.

<p>Tabla 3.8</p> <p><i>Especificaciones técnicas de la envasadora al vacío</i></p>		<p>Fuente: LTA, 2018</p>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo</td> <td>430</td> </tr> <tr> <td>Nº de fabricación</td> <td>1240</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>0,75 Kw</td> </tr> <tr> <td>Voltaje</td> <td>220 V</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia</td> <td>50 Hz</td> </tr> <tr> <td>Amperios</td> <td>6 A</td> </tr> <tr> <td>Motor</td> <td>1500- 12800 rpm</td> </tr> </tbody> </table>		Características		Modelo	430	Nº de fabricación	1240	Potencia	0,75 Kw	Voltaje	220 V	Frecuencia	50 Hz	Amperios	6 A	Motor	1500- 12800 rpm	
Características																		
Modelo	430																	
Nº de fabricación	1240																	
Potencia	0,75 Kw																	
Voltaje	220 V																	
Frecuencia	50 Hz																	
Amperios	6 A																	
Motor	1500- 12800 rpm																	
<p>Fuente: LTA, 2018</p>		<p><i>Figura 3.8</i> Envasadora al vacío</p>																

3.3 Material de laboratorio

En la tabla 3.9 se detallan los materiales de laboratorio que serán utilizados:

Tabla 3.9

Material de laboratorio

Material	Capacidad	Material
Espátula	Pequeña	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

3.4 Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina que serán necesarios para la elaboración de hamburguesa con carne de llama, se detallan en la tabla 3.10.

Tabla 3.10*Utensilios de cocina*

Utensilios	Cantidad	Tamaño	Material
Mesa	1	Grande	Acero inoxidable
Cuchillos	2	Mediano	Acero inoxidable
Cucharas	2	Grande	Acero inoxidable
Tabla de cortar	1	Mediano	Madera
Fuentes	3	Mediano	Acero inoxidable
Repasadores	2	Mediano	Tela
Bolsas	10	16x21	Pouch
Papel parafinado	1	Grande	Pliegue

Fuente: Elaboración propia

3.5 Descripción de las materias primas e insumos alimentarios

Las materias primas e insumos que se utilizaron en la elaboración de hamburguesa con carne de llama, se detallan a continuación:

3.5.1 Materias primas

Las materias primas utilizadas en la elaboración, se muestran en la tabla 3.11

Tabla 3.11*Materias primas*

Productos	Procedencia	Industria
Carne de cerdo	Mercado campesino	Boliviana
Carne de llama	Mercado campesino	Boliviana
Tocino	Mercado campesino	Boliviana

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Insumos alimentarios

Los insumos y condimentos que se utilizaron para la elaboración de hamburguesa con carne de llama, se detallan a continuación.

3.5.2.1 Reactivo químico en grado alimenticio

El reactivo químico que se utilizó para mejorar el sabor del producto se muestra en la tabla 3.12.

Tabla 3.12

Reactivo químico de grado alimentario

Ingredientes	Estado	Procedencia	Marca
Condimento Hamburguesa	Sólido	Bolivia	Naturex

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2 Ingredientes alimentarios

Los insumos alimentarios que se utilizaron, se detallan en la tabla 3.13

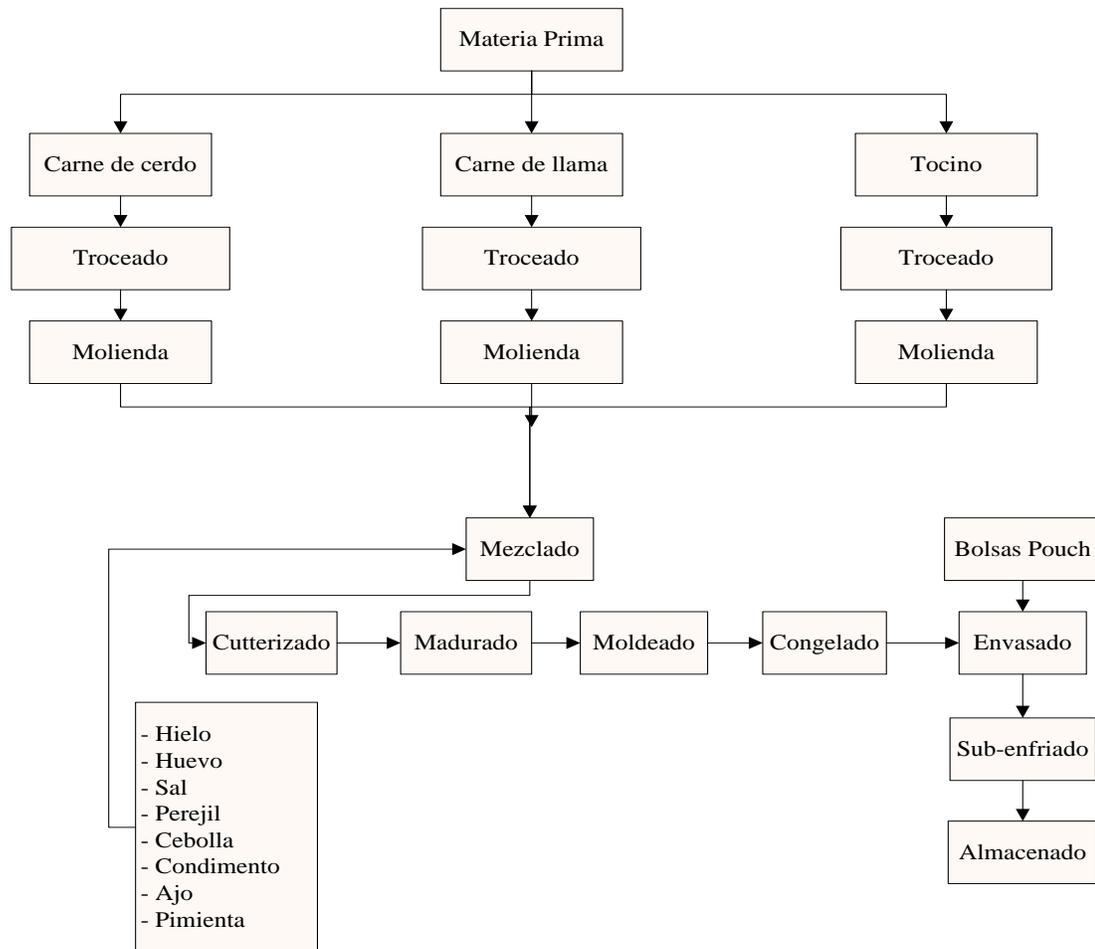
Tabla 3.13

Insumos alimentarios

Ingredientes	Ingredientes	Procedencia	Marca
Sal común	Sólido	Bolivia	Trebol
Ajo	Sólido	Bolivia	Badia
Pimienta	Sólido	Bolivia	Badia
Huevo	Líquido	Bolivia	Rico pollo
Hielo	Sólido	Bolivia	Fahitar

Fuente: Elaboración propia

3.6 Proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8 Proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama

3.6.1 Descripción del diagrama de flujo

Las operaciones implicadas en la elaboración de hamburguesa con carne de llama, se detallan a continuación:

3.6.1.1 Materia prima

La materia prima que se utilizó para la elaboración de hamburguesas con carne de llama, fueron la carne de cerdo, carne de llama y el tocino, teniendo en cuenta de que la materia prima sea de buena calidad.

3.6.1.2 Carne de cerdo

La carne de cerdo fue adquirida del mercado campesino, la cual fue una carne fresca sin hueso donde el color característico de la misma debe ser rosado, no debe tener una cantidad elevada de grasa ya que al proceso se le añadió tocino.

3.6.1.3 Carne de llama

Se realizó la observación de la carne de llama de manera objetiva diferenciando con el color de la carne de cerdo, ya que tiene que ser un poco más oscura, de igual manera esta carne tiene que ser fresca reflejando su color característico, se la adquirió sin hueso directamente para ser molida.

3.6.1.4 Tocino

Se añadió el tocino a la preparación de hamburguesas con carne de llama con la finalidad de darle la jugosidad y textura necesaria al producto.

3.6.1.5 Troceado

Se procedió al troceado de la carne de cerdo, carne de llama y tocino donde se corta la materia prima en cubitos para facilitar al proceso de molienda, teniendo en cuenta que la carne debe estar fresca y refrigerada.

3.6.1.6 Molienda

Se llevó a la moledora las tres materias primas (carne de cerdo, carne de llama y tocino) iniciando con la carne de llama, luego la carne de cerdo y posteriormente el tocino, cada una de ellas por separado previamente troceadas para facilitar al proceso.

3.6.1.7 Mezclado

Se realizó el mezclado de las materias primas junto con los insumos (hielo, huevo, cebolla, sal, perejil, condimento de hamburguesa, ajo en polvo y pimienta negra en polvo), para obtener una mezcla homogénea.

3.6.1.8 Cutterizado

En esta etapa se llevó la mezcla cárnica a la cutter con el objetivo de que tanto materia prima como insumos se homogenicen y adquiera su textura adecuada, tomando en cuenta el tiempo y temperatura de la misma para evitar de que pueda romperse la emulsión.

3.6.1.9 Madurado

Se dejó madurar la masa en el refrigerador alrededor de una hora con el propósito de que reaccionen los insumos utilizados durante la homogenización con el fin de producir; sabor, olor, textura y color del producto. También con el objetivo de que exista una difusión y para que se produzcan las reacciones químicas

3.6.1.10 Moldeado

Después de haber obtenido la masa cárnica se llevó al proceso de moldeado con un equipo especial para moldear hamburguesas, el cual le dió la forma y diámetro correspondiente.

3.6.1.11 Congelado

Posteriormente, del proceso de moldeado las hamburguesas fueron llevadas al congelador para ser congeladas a una temperatura entre un rango de (-2 a -7)°C, con la finalidad de que el agua del producto pase a un estado sólido y no sufran alguna deformación por el envasado.

3.6.1.12 Envasado

El envasado de las hamburguesas con carne de llama se realizó de manera manual colocando una unidad en cada bolsa tipo pouch. Posteriormente son selladas al vacío

en la envasadora, la cual se encarga de eliminar el oxígeno al interior del envase para evitar su rápido deterioro y así extender el tiempo de vida útil del producto.

3.6.1.13 Sub- enfriado

Posteriormente al proceso de envasado, las hamburguesas congeladas son llevadas nuevamente al congelador el cual alcanza una temperatura de (-18°C), con la finalidad de evitar el crecimiento microbiano y su conservación.

3.6.1.14 Almacenado

El almacenamiento de las hamburguesas es en un congelador a temperatura entre -30 °C, con el fin de garantizar su conservación y prolongar la vida útil del mismo.

3.7 Metodología para la obtención de resultados

La metodología utilizada para la obtención de resultados experimentales del presente trabajo, se detalla a continuación:

3.7.1 Propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo

En la tabla 3.14, se muestran las técnicas que se utilizó para determinar la composición fisicoquímica de materia prima (carne de cerdo). Estos parámetros fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.14

Técnicas para determinar las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo

Parámetros	Técnica	Unidades
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g

Fuente: CEANID, 2018

3.7.2 Propiedades fisicoquímicas de la carne de llama

En la tabla 3.15, se muestran las técnicas que se utilizó para determinar la composición fisicoquímica de materia prima (carne de llama). Estos parámetros fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.15

Técnicas para determinar las propiedades fisicoquímicas de la carne de llama

Parámetros	Técnica	Unidades
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g

Fuente: CEANID,2018

3.7.3 Propiedades fisicoquímicas del producto final

En la tabla 3.16, se muestran las técnicas que se utilizó para determinar la composición fisicoquímica del producto final. Estos parámetros fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.16*Técnicas para determinar las propiedades fisicoquímicas del producto final*

Parámetros	Técnica	Unidades
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g

Fuente: CEANID,2018

3.7.4 Análisis microbiológicos de la carne de cerdo

En la tabla 3.17 se muestra las técnicas que se utilizó para determinar los análisis microbiológicos de la materia prima (carne de cerdo). Este parámetro fue determinado en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.17*Técnicas para determinar las propiedades microbiológicas de la carne de cerdo*

Parámetros	Técnica	Unidades
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/g
Salmonella	NB 32007:03	P/A/25 g

Fuente: CEANID, 2018

3.7.5 Análisis microbiológicos de la carne de llama

En la tabla 3.18 se muestra las técnicas que se utilizó para determinar los análisis microbiológicos de la materia prima (carne de llama). Este parámetro fue determinado en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.18*Técnicas para determinar las propiedades microbiológicas de la carne de llama*

Parámetros	Técnica	Unidades
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/g
Salmonella	NB 32007:03	P/A/25 g

Fuente: CEANID, 2018

3.7.6 Análisis microbiológicos del producto final

En la tabla 3.19 se muestra las técnicas que se utilizó para determinar los análisis microbiológicos del producto final. Este parámetro fue determinado en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.19*Técnicas para determinar las propiedades microbiológicas del producto final*

Parámetros	Técnica	Unidades
Bacterias Aerobias mesófilas	NB 32003:2005	UFC/g
Coliformes fecales	NB 32005:2002	UFC/g
Coliformes totales	NB 32005:2002	UFC/g
Escherichia coli	NB 32005:2002	UFC/g
Mohos y levaduras	NB 32006:2003	UFC/g
Salmonella	NB 32007:2003	P/A/25g
Staphylococcus aureus	NB 32004:2002	UFC/g

Fuente: CEANID, 2018

3.8 Evaluación sensorial

Según (Hernández, 2005) define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”

El análisis sensorial o evaluación sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales a través de los sentidos (Hernández, 2005, pág.12).

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente (Hernández, 2005).

También es considerada simplemente como: el análisis de las propiedades sensoriales, se refiere a la medición y cuantificación de los productos alimenticios o materias primas evaluados por medio de los cinco sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que significa sentido. Para obtener los resultados e interpretaciones, la evaluación sensorial se apoya en otras disciplinas como la química, las matemáticas, la psicología y la fisiología entre otras (Hernández, 2005).

En la tabla 3.20 se detallan las evaluaciones sensoriales que se usaron para caracterizar las propiedades organolépticas durante el trabajo de investigación.

Tabla 3.20

Evaluaciones sensoriales

Evaluación sensorial	Atributos	Jueces	Codificación	Test
Primera formulación variando el porcentaje carne de vaca	Sabor	22 jueces no entrenados	C1	Test 1 (Anexo B)
	Olor		C2	
	Textura		C3	
	Color			
Primera formulación variando el porcentaje carne de llama	Sabor	22 jueces no entrenados	C4	Test 2 (Anexo B)
	Olor		C5	
	Textura		C6	
	Color			
Primera formulación variando el porcentaje de hielo	Sabor	22 jueces no entrenados	C7	Test 3 (Anexo B)
	Olor		C8	
	Textura		C9	
	Color			
Primera formulación variando el porcentaje de tocino	Sabor	22 jueces no entrenados	C10	Test 4 (Anexo B)
	Olor		C11	
	Textura		C12	
	Color			
Selección preliminar	Sabor	22 jueces no entrenados	V1 V2 V3 V4 y V5	Test 5 (Anexo B)
	Olor			
	Textura			
	Color			
Muestra de referencia	Sabor	22 jueces no entrenados	H01	Test 6 (Anexo B)
	Olor		H02	
	Textura			
	Color			
Producto final con muestra de referencia	Prueba de preferencia	22 jueces no entrenados	056 H01	Test 7 (Anexo B)

Fuente: Elaboración propia

3.9 Diseño experimental

Se define como el método, procedimiento o conjunto de reglas para asignar los tratamientos aleatoriamente a las unidades experimentales. En campo es el arreglo geométrico de un experimento (Gabriel et al, 2017).

(Montgomery, 2004) afirma que el diseño experimental es una herramienta de importancia fundamental en el ámbito de la ingeniería para mejorar el desempeño de un proceso de manufactura. También tiene múltiples aplicaciones en el desarrollo de procesos nuevos. La aplicación de las técnicas de diseño experimental en las fases iniciales del desarrollo de un proceso puede redundar en:

- Mejoras en el rendimiento del proceso.
- Variabilidad reducida y conformidad más cercana con los requerimientos nominales o proyectados.
- Reducción del tiempo de desarrollo.
- Reducción de los costos globales.

Los métodos del diseño experimental desempeñan un papel importante en las actividades del diseño de ingeniería, donde se desarrollan productos nuevos y se hacen mejoramientos en los productos existentes. Entre las aplicaciones del diseño experimental en el diseño de ingeniería se encuentran:

- La evaluación y comparación de configuraciones de diseños básicos.
- La evaluación de materiales alternativos.
- La selección de los parámetros del diseño para que el producto tenga un buen funcionamiento en una amplia variedad de condiciones de campo, es decir, para que el producto sea robusto.
- La determinación de los parámetros clave del diseño del producto que afectan el desempeño del mismo.

El uso del diseño del diseño experimental en estas áreas puede redundar en productos cuya fabricación sea más sencilla, en productos que tenga un desempeño y confiabilidad de campo mejorados, en costos de producción más bajos y en tiempos más cortos para el diseño y desarrollo del producto.

3.9.1 Diseño factorial

Es uno de los diseños estadísticos más importantes por medio del cual varios Factores o variables y sus interacciones respecto a un sistema de experimentación pueden ser estudiados (Salgado, 1996).

El diseño factorial 2^k , con k factores y dos niveles de variación de cada factor, corresponde a un diseño factorial (Montgomery, 2004) de la ecuación 3.1.

$$2^k \quad (\text{ecuación 3.1})$$

Donde:

2 = Número de niveles

K = Número de variables

3.9.2 Diseño experimental en la etapa de dosificación de hamburguesa con carne de llama

En la tabla 3.21 se muestra la matriz del diseño experimental a ser aplicado en la etapa de mezclado de hamburguesa con carne de llama conformado por tres variables: (carne de cerdo, carne de llama y tocino).

Tabla 3.21

Niveles de variación de los factores en la dosificación

Factores	Nivel inferior	Nivel superior
Carne de cerdo (CC)	26 %	28 %
Carne de llama (CLL)	26 %	28 %
Tocino (T)	26 %	28 %

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el diseño experimental en la etapa de mezclado de hamburguesa con carne de llama, se aplicará de acuerdo a la (ecuación 3.1), cuyo diseño factorial corresponde a:

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ pruebas/por cada experimento}$$

Donde los niveles de variación de cada factor son los siguientes:

- Porcentaje de carne de cerdo (%) (X) = 2 niveles
- Porcentaje de carne de llama (%) (Y) = 2 niveles
- Porcentaje de tocino (%) (Z) = 2 niveles

En la tabla 3.20, se muestra la matriz de diseño experimental a ser aplicado en la etapa de mezclado, donde se tomó en cuenta dos variables respuesta, conformado por tres variables: porcentaje de carne de cerdo, porcentaje de carne de llama y porcentaje de tocino.

Tabla 3.22

Diseño factorial de la matriz de variables para el proceso de dosificación

Combinaciones de tratamientos	Variables			Efecto factorial				Total
	X	Y	Z	XY	XZ	YZ	XYZ	Y _i
(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y ₁
A	+	-	-	-	-	+	+	Y ₂
B	-	+	-	-	+	+	+	Y ₃
Ab	+	+	-	+	-	-	-	Y ₄
C	-	-	+	+	-	-	+	Y ₅
Ac	+	-	+	-	+	-	-	Y ₆
Bc	-	+	+	-	-	+	-	Y ₇
Abc	+	+	+	+	+	+	+	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Y_i= Es el porcentaje (%) de humedad en el producto final

Y_i= Es el porcentaje (%) de grasa en el producto final

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Caracterización de las materias primas

Las características de las materias primas, se especifican mediante las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de cerdo y carne de llama.

4.1.2 Características fisicoquímicas de la carne de cerdo

En la tabla 4.1, se muestra los resultados obtenidos (Anexo A) de la composición fisicoquímica de la carne de cerdo. Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.1

Características fisicoquímicas de la carne de cerdo

Parámetros	Unidad	Resultado
Ceniza	%	1,22
Fibra	%	n.d.
Grasa	%	6,02
Hidratos de carbono	%	0,56
Humedad	%	68,95
Proteína total (Nx6,25)	%	23,25
Valor energético	Kcal/100 g	149,42

Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4.1, se puede observar que la carne de cerdo contiene 1,22 % ceniza, n.d % fibra, 6,02% grasa, 0,56 % de hidratos de carbono, 68,95% humedad, 23,25 % proteína total y 149, 42 Kcal/100 g valor energético.

4.1.3 Características fisicoquímicas de la carne de llama

En la tabla 4.2, se muestra los resultados obtenidos (Anexo A) de la composición fisicoquímica de la carne de cerdo. Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.2*Análisis fisicoquímico de la carne de llama*

Parámetros	Unidad	Resultado
Ceniza	%	1.16
Fibra	%	n.d.
Grasa	%	11,22
Hidratos de Carbono	%	0,44
Humedad	%	63,50
Proteína total (Nx6,25)	%	23,68
Valor energético	Kcal/100 g	197,46

Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4.2, se puede observar que la carne de cerdo contiene 1,16 % ceniza, n.d % fibra, 11,22% grasa, 0,44% hidratos de carbono, 63,50% humedad, 23,68% proteína total y 197, 46 Kcal/100 g de valor energético.

4.1.4 Análisis microbiológicos de la carne de cerdo

En la tabla 4.3, se muestran los resultados obtenidos (Anexo A) de los análisis microbiológicos de la carne de cerdo. Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.3*Análisis microbiológicos de la carne de cerdo*

Parámetro	Unidad	Resultado
Escherichia coli	UFC/g	$2,4 \times 10^2$
Salmonella	P/A/25g	Ausencia

Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4.3, se puede observar que la carne de cerdo contiene $2,4 \times 10^2$ UFC/g de Escherichia coli y ausencia de Salmonella P/A/25g.

4.1.5 Análisis microbiológicos de la carne de llama

En la tabla 4.4, se muestran los resultados obtenidos (Anexo A) de los análisis microbiológicos de la carne de cerdo. Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.4

Análisis microbiológicos de la carne de llama

Parámetro	Unidad	Resultado
Escherichia coli	UFC/g	$1,2 \times 10^2$
Salmonella	P/A/25g	Ausencia

Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4.4, se puede observar que la carne de cerdo contiene $1,2 \times 10^2$ UFC/g de Escherichia coli y ausencia de Salmonella P/A/25g.

4.2 Caracterización de las variables del proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama

Para la caracterización de las variables del proceso, se realizó preliminarmente cuatro evaluaciones sensoriales para elegir muestra preliminar, donde se procedió a realizar doce muestras, las cuales estuvieron divididas en cuatro formulaciones compuestas por tres muestras cada una y utilizando un disco número 8mm en el proceso de molienda.

- Primera formulación: porcentaje de carne res: C1, C2 y C3
- Segunda formulación: porcentaje de carne de llama: C4, C5 y C6
- Tercera formulación: porcentaje de hielo: C7, C8 y C9
- Cuarta formulación: porcentaje de tocino: C10, C11 y C12

También se realizó la selección preliminar de la muestra de hamburguesa, diseño experimental en el proceso de dosificación, elección de muestra referencia, evaluación sensorial del producto final con muestra de referencia, los cuales se describen a continuación:

4.2.1 Evaluación sensorial de la primera formulación variando el porcentaje de carne de res

Para la elaboración de las muestras preliminares de acuerdo al porcentaje de carne de res, se procedió a realizar la primera formulación, donde se hizo variar los porcentajes de carne de res, carne de cerdo, carne de llama, tocino y hielo como se detalla en la tabla 4.5.

Tabla 4.5

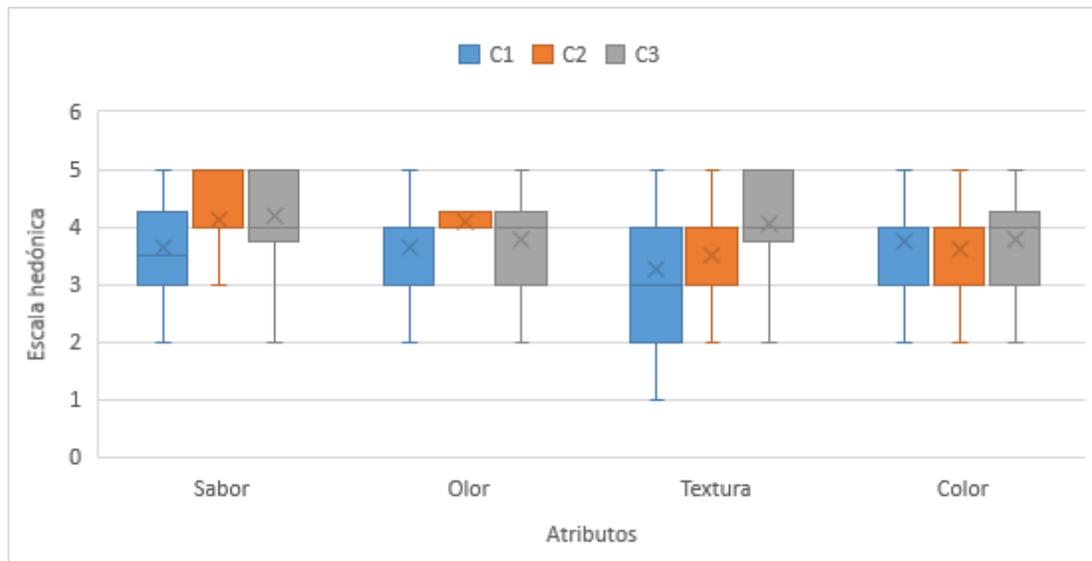
Primera formulación variando el porcentaje de carne de res

Muestras		
C1	C2	C3
Carne de res= 42,94%	Carne de res= 40,94%	Carne de res= 32,94%
Carne de cerdo= 24,97%	Carne de cerdo= 29,97%	Carne de cerdo= 29,97%
Carne de llama= 17%	Carne de llama= 12%	Carne de llama= 12%
Tocino= 5%	Tocino= 7%	Tocino=7%
Hielo= 0%	Hielo= 0%	Hielo= 8%

Fuente: Elaboración propia

En base a las dosificaciones de las tres muestras de hamburguesa, se sometieron a una evaluación sensorial compuesta por 22 jueces no entrenados que calificaron los atributos de sabor, olor, textura y color (Anexo B1).

La figura 4.1, muestra el resultado de caja y bigote de la evaluación sensorial de la primera formulación variando el porcentaje de carne de res, expresada en escala hedónica de cinco puntos de acuerdo a los resultados de la tabla C.2.1; tabla C.3.1; tabla C.4.1 y tabla C.5.1(Anexo C)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1 Caja y bigote para los atributos sensoriales del porcentaje de carne de res

Para el atributo sabor la más representativa es la muestra C2 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50 % de la caja, por lo tanto, es la que se acepta; mientras que la muestra C1 su mediana de 4, que se encuentra cerca del segundo cuartil y la muestra C3 su mediana 4 se encuentra cerca del primer cuartil por lo que los datos están por debajo de su mediana por lo que rechazan.

En el atributo olor la más representativa es la muestra C2 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando, que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta; mientras que la muestra C1 y C3 su mediana de 4 se encuentra cerca del segundo cuartil, por lo que los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechaza ambas muestras.

Para el atributo textura la muestra más representativa es la C3 con una mediana de 4 y está cerca del primer cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra C1 y C2 su mediana de 4 se encuentra cerca del segundo cuartil, por lo que los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan ambas muestras.

En el atributo color la muestra más representativa es la C3 con una mediana de 4 y está cerca del tercer cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 75% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras C1 y C2 su mediana de 4 se encuentra cerca del tercer cuartil, por lo que los datos están por debajo de su mediana por lo que rechazan ambas muestras.

4.2.1.1 Análisis de varianza para el atributo sabor del porcentaje de carne de res

En la tabla 4.6 se muestra el análisis de varianza para el atributo sabor extraída de la tabla C.1.3 (Anexo C.2).

Tabla 4.6

Análisis de varianza para el atributo sabor del porcentaje de carne de res

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	50,99	65	0,784		
Muestras	4,03	2	2,015	2,95	3,22
Jueces	18,32	21	0,872	1,28	1,83
Error	28,64	42	0,682		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.6 del análisis de varianza para el atributo sabor, donde el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,95 < 3,22$); por lo cual, no existe diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$; por lo cual se acepta la hipótesis planteada, es decir que los jueces no percibieron diferencias significativas entre las muestras evaluadas para el atributo sabor.

4.2.1.2 Análisis de varianza para el atributo olor del porcentaje de carne de res

En la tabla 4.7 se muestra el análisis de varianza para el atributo olor extraída de la tabla C.1.7 (Anexo C.3).

Tabla 4.7

Análisis de varianza para el atributo olor del porcentaje de carne de res

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	43,17	65	0,66		
Muestras	2,40	2	1,2	2,55	3,22
Jueces	21,17	21	1,01	2,14	1,83
Error	19,6	42	0,47		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.7 del análisis de varianza para atributo olor, donde el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,55 < 3,22$); por lo cual, al no existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada es decir que los jueces no perciben diferencias significativas entre las muestras evaluadas para el atributo olor.

4.2.1.3 Prueba de Tukey para el atributo textura del porcentaje de carne de res

Según los resultados obtenidos de la tabla C.2.2 (Anexo C4) del análisis de varianza para el atributo textura, $F_{cal} > F_{tab}$ ($3,73 > 3,22$); por lo cual, al existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis planteada es decir que los jueces identificaron diferencia entre las muestras evaluadas en el atributo textura.

En la tabla 4.8, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey para atributo textura extraídos del (Anexo C.4).

Tabla 4.8

Prueba de Tukey para el atributo textura del porcentaje de carne de res

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
C3-C2	$0,55 < 0,610$	No Significativo
C3-C1	$0,78 > 0,610$	Significativo
C2-C1	$0,23 < 0,610$	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4 Análisis de varianza para el atributo color del porcentaje de carne de res

En la tabla 4.9 se muestra el análisis de varianza para el atributo color extraída de la tabla C.5.3 (Anexo C.5).

Tabla 4.9

Análisis de varianza para el atributo color del porcentaje de carne de res

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	37,94	65	0,58		
Muestras	0,39	2	0,19	0,33	3,22
Jueces	12,61	21	0,60	1,01	1,83
Error	24,94	42	0,59		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.9 del análisis de varianza para el atributo color, donde el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,33 < 3,22$); por lo cual, no existe diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada es decir que los jueces no perciben diferencias significativas entre las muestras evaluadas para el atributo color.

En base al análisis realizado del porcentaje de carne de res utilizado en la primera formulación, se estableció experimentalmente que la muestra de mayor preferencia por los jueces es C3 (carne de res 32,94%, carne de cerdo 29,97%, carne de llama 12%, tocino 7% y hielo 8 %); ya que realizado el análisis de caja y bigote las medianas son de 4 que está por encima del tercer cuartil para el atributo textura y color. Así mismo, realizado la prueba de Tukey existió diferencia significativa para el atributo textura y no así para el atributo color $p < 0,05$.

4.2.2 Evaluación sensorial de la segunda formulación variando el porcentaje de carne de llama

Para la elaboración de la segunda formulación variando al porcentaje de carne de llama, se procedió a realizar tres muestras, donde se hizo la variación de los porcentajes de

carne de res, carne de cerdo, carne de llama, tocino y hielo como se detalla en la tabla 4.10.

Tabla 4.10

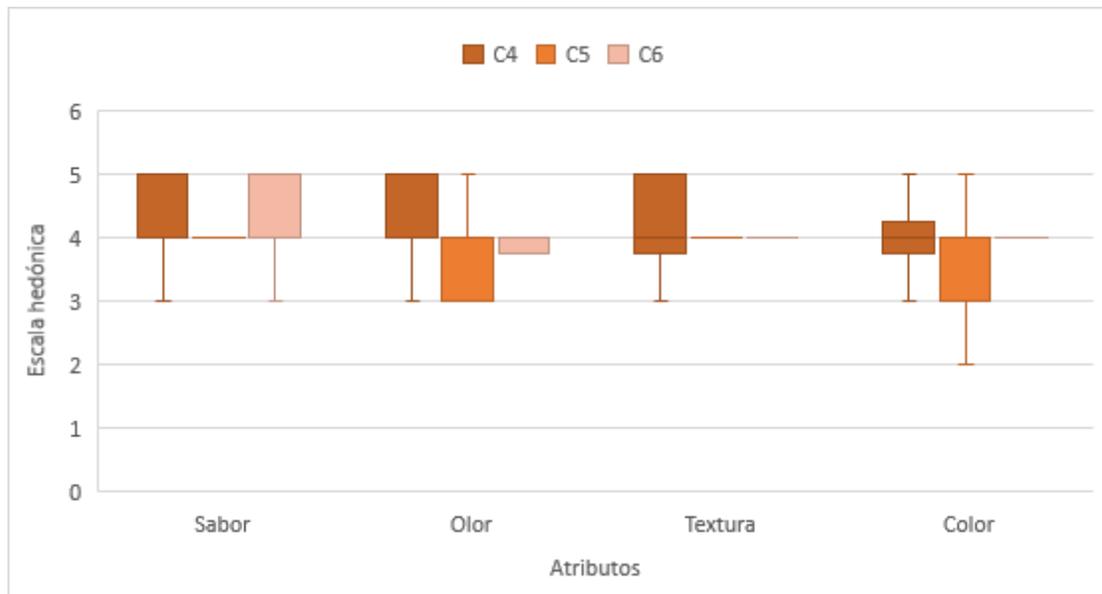
Segunda formulación variando el porcentaje de carne de llama

Muestras		
C4	C5	C6
Carne de res= 32,94%	Carne de res= 31,54%	Carne de res= 33,80%
Carne de cerdo= 20,97%	Carne de cerdo= 20,97%	Carne de cerdo= 18%
Carne de llama= 15%	Carne de llama= 18%	Carne de llama= 20%
Tocino= 15%	Tocino= 12%	Tocino=18%
Hielo= 6%	Hielo= 7%	Hielo= 4%

Fuente: Elaboración propia

En base a las dosificaciones de las tres muestras de hamburguesa, se sometieron a una evaluación sensorial compuesta por 22 jueces no entrenados que calificaron los atributos de sabor, olor, textura y color (Anexo B2).

La figura 4.2, muestra el resultado de caja y bigote de la evaluación sensorial de la segunda formulación variando el porcentaje de carne de llama, expresada en escala hedónica de cinco puntos de acuerdo a los resultados de la tabla C.1.14; C.1.17; C.120 y C.1.23 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2 Caja y bigote para los atributos sensoriales del porcentaje de carne de llama

En el atributo sabor la más representativa es la muestra C4 con una mediana de 5 y está cerca del tercer cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 75% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras C5 y C6 sus medianas de 4 se encuentran cerca del primer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechaza las muestras.

Para el atributo olor la más representativa es la muestra C4 con una mediana de 5 y está cerca del tercer cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 75% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras C5 y C6 sus medianas de 4 se encuentran cerca del tercer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan.

En el atributo textura la muestra más representativa es la C4 con una mediana de 4 y está cerca del primer cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras C5 y C6 sus medianas de 4 se encuentran cerca del segundo cuartil, que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo cual se rechazan las muestras.

Para el atributo color la muestra más representativa es la C6 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra C4 su mediana de 4 se encuentra cerca del segundo cuartil y C5 su mediana de 4 se encuentran cerca del tercer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan dichas muestras.

4.2.2.1 Prueba de Tukey para el atributo sabor del porcentaje de carne de llama

Según los resultados obtenidos de la tabla C.6.3 (Anexo C.6) del análisis de varianza para el atributo sabor, el valor $F_{cal} > F_{tab}$ ($4,88 > 3,22$); por lo cual, al existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis planteada es decir que los jueces identificaron diferencia entre las muestras evaluadas en el atributo sabor.

En la tabla 4.11, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey del atributo sabor extraídos del (Anexo C.6).

Tabla 4.11

Prueba de Tukey para el atributo sabor del porcentaje de carne de llama

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
C4-C6	$0,39 < 0,430$	No Significativo
C4-C5	$0,57 > 0,430$	Significativo
C6-C5	$0,18 < 0,430$	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11, se observa que los tratamientos C4-C5 son significativas entre sí por tanto existe diferencia entre ambas muestras, en cambio entre la C4-C6 y C6-C5 no son significativas es decir que no existe diferencia entre las muestras.

4.2.2.2 Prueba de Tukey para el atributo olor del porcentaje de carne de llama

Según los resultados obtenidos de la tabla C.7.3 (Anexo C7) del análisis de varianza para el atributo sabor, $F_{cal} > F_{tab}$ ($8,84 > 3,22$); por lo cual, al existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis planteada es decir que los jueces identificaron diferencia entre las muestras evaluadas en el atributo olor.

En la tabla 4.12, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey del atributo olor extraídos del (Anexo C7).

Tabla 4.12

Prueba de Tukey para el atributo olor del porcentaje de carne de llama

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
C4-C6	$0,69 < 0,431$	Significativo
C4-C5	$0,73 < 0,431$	Significativo
C6-C5	$0,04 < 0,431$	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12, se observa que los tratamientos C4-C5 y C4-C5 son significativas entre sí por tanto existe diferencia entre las muestras, en cambio el tratamiento C6-C5 no son significativas es decir que no existe diferencia entre las muestras.

4.2.2.3 Análisis de varianza para atributo textura del porcentaje de carne de llama

En la tabla 4.13 se muestra el análisis de varianza para el atributo textura extraída de la tabla C.8.3 (Anexo C.8).

Tabla 4.13*Análisis de varianza para el atributo textura del porcentaje de carne de llama*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	30,86	65	0,47		
Muestras	0,27	2	0,13	0,25	3,22
Jueces	7,53	21	0,36	0,65	1,83
Error	23,06	42	0,55		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.13 del análisis de varianza para el atributo textura, donde el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,25 < 3,22$); por lo cual, no existe diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada es decir que los jueces no perciben diferencias entre las muestras evaluadas para el atributo textura.

4.2.2.4 Análisis de varianza para el atributo color del porcentaje de carne de llama

En la tabla 4.14 se muestra el análisis de varianza para el atributo color extraída de la tabla C.9.3 (Anexo C.9).

Tabla 4.14*Análisis de varianza para el atributo color del porcentaje de carne de llama*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	31,46	65	0,48		
Muestras	1,73	2	0,86	1,74	3,22
Jueces	8,79	21	0,42	0,84	1,83
Error	20,94	42	0,50		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.17 del análisis de varianza para el atributo color, donde el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,74 < 3,22$); por lo cual, no existe diferencia

significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada es decir que los jueces no perciben diferencias significativas entre las muestras evaluadas para el atributo color.

De acuerdo al análisis realizado del porcentaje de carne de llama utilizado en la segunda formulación, se estableció experimentalmente que la muestra de mayor preferencia por los jueces es C4 (carne de res 32,94%, carne de cerdo 31,54%, carne de llama 15%, tocino 15% y hielo 6%); ya que realizado el análisis de caja y bigote las medianas son de 5 que está por encima del tercer cuartil para los atributos sabor y olor. Así mismo, realizado la prueba de Tukey existió diferencia significativa para el atributo sabor y olor y no así para el atributo textura y color para $p < 0,05$.

4.2.3 Evaluación sensorial de la tercera formulación variando el porcentaje de hielo

Para la elaboración de la tercera formulación de acuerdo al porcentaje de hielo, se procedió a realizar tres muestras en la formulación, donde se hizo la variación de los porcentajes de carne de res, carne de cerdo, carne de llama, tocino y hielo como se detalla en la tabla 4.15.

Tabla 4.15

Tercera formulación variando el porcentaje de hielo

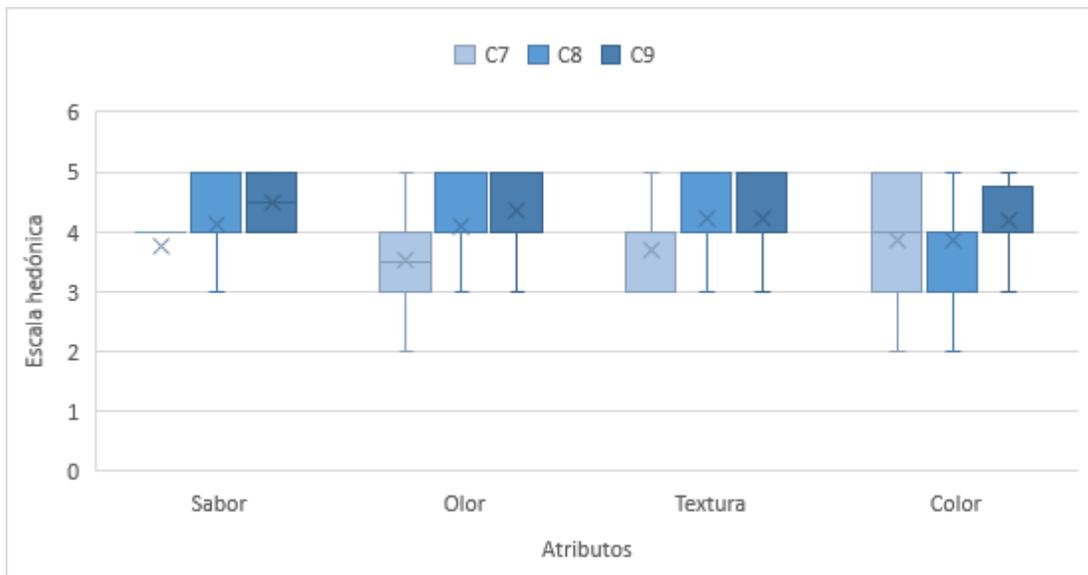
Muestras		
C7	C8	C9
Carne de res= 43,94%	Carne de res= 31,80%	Carne de res= 26,85%
Carne de cerdo= 24,97%	Carne de cerdo= 17%	Carne de cerdo= 15%
Carne de llama= 10%	Carne de llama= 22%	Carne de llama= 22%
Tocino= 5%	Tocino= 20%	Tocino=24%
Hielo= 7%	Hielo= 4%	Hielo= 6%

Fuente: Elaboración propia

En base a las dosificaciones de las tres muestras de hamburguesa, se sometieron a una evaluación sensorial compuesta por 22 jueces no entrenados que calificaron los atributos de sabor, olor, textura y color (Anexo B.3).

La figura 4.3, muestra el resultado de caja y bigote de la evaluación sensorial de la tercera formulación variando el porcentaje de hielo, expresada en escala hedónica de cinco puntos de acuerdo a los resultados de la tabla C.10.1; C.11.1; C.12.1 y C.13.1 (Anexo C).

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3 Caja y bigote para los atributos sensoriales del porcentaje de hielo

Para el atributo sabor la más representativa es la muestra C9 con una mediana de 4,5 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra C7 y C8 sus medianas de 4 se encuentran cerca del primer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechaza ambas muestras.

En el atributo olor la muestra más representativa es la muestra C9 con una mediana de 4 y está cerca del primer cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra C7 su mediana de 3,5 se encuentra cerca del segundo cuartil y la muestra C8 su mediana de 4 se encuentran cerca del primer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan las muestras.

En el atributo textura la muestra más representativa es la C9 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras C8 su mediana de 4 se encuentra cerca del primer cuartil y C7 su mediana de 4 se encuentran cerca del segundo cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan ambas muestras.

En el atributo color la muestra más representativa es la C9 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra C7 su mediana de 4 se encuentra cerca del segundo cuartil y la muestra C7 su mediana de 4 se encuentran cerca del primer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan las muestras.

4.2.3.1 Prueba de Tukey para el atributo sabor del porcentaje de hielo

Según los resultados obtenidos de la tabla C 10.3 (Anexo C.10) del análisis de varianza para el atributo sabor, el valor $F_{cal} > F_{tab}$ ($5,48 > 3,22$); por lo cual, al existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis planteada es decir que los jueces identificaron diferencia entre las muestras evaluadas en el atributo sabor.

En la tabla 4.16, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey del atributo sabor extraídos del (Anexo C.10).

Tabla 4.16

Prueba de Tukey para el atributo sabor del porcentaje de hielo

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
C9-C8	$0,36 < 0,488$	No Significativo
C9-C7	$0,73 > 0,488$	Significativo
C8-C7	$0,37 < 0,488$	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.16, se observa que los tratamientos C4-C5 son significativas entre sí por tanto existe diferencia entre ambas muestras, en cambio entre la C4-C6 y C6-C5 no son significativas es decir que no existe diferencia entre las muestras.

4.2.3.2 Prueba de Tukey para el atributo olor del porcentaje de hielo

Según los resultados obtenidos de la tabla C 11.3 (Anexo C11) del análisis de varianza para el atributo olor, el valor $F_{cal} > F_{tab}$ ($7,21 > 3,22$); por lo cual, al existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis planteada es decir que los jueces identificaron diferencia entre las muestras evaluadas en el atributo olor.

En la tabla 4.17, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey del atributo olor extraídos del (Anexo C.11).

Tabla 4.17

Prueba de Tukey para el atributo olor del porcentaje de hielo

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
C9-C8	$0,27 < 0,488$	No Significativo
C9-C7	$0,81 > 0,488$	Significativo
C8-C7	$0,54 > 0,488$	Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17, se observa que los tratamientos C4-C5 son significativas entre sí por tanto existe diferencia entre ambas muestras, en cambio entre la C4-C6 y C6-C5 no son significativas es decir que no existe diferencia entre las muestras.

4.2.3.3 Prueba de Tukey para el atributo textura del porcentaje de hielo

Según los resultados obtenidos de la tabla C.14.3 (Anexo C14) del análisis de varianza para el atributo textura, el valor $F_{cal} > F_{tab}$ ($5,19 > 3,22$); por lo cual, al existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis planteada es decir que los jueces identificaron diferencia entre las muestras evaluadas en el atributo textura.

En la tabla 4.18, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey del atributo textura extraídos del (Anexo C.12).

Tabla 4.18

Prueba de Tukey para el atributo textura del porcentaje de hielo

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
C9-C8	$0 < 0,435$	No Significativo
C9-C7	$0,55 > 0,435$	Significativo
C8-C7	$0,55 > 0,435$	Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se observa que los tratamientos C9-C8 no son significativas entre no por tanto existe diferencia entre las muestras, en cambio entre la C9-C7 y C8-C7 son significativas es decir que si existe diferencia entre las muestras.

4.2.3.4 Análisis de varianza para el atributo color del porcentaje de hielo

En la tabla 4.19 se muestra el análisis de varianza para el atributo color extraída de la tabla C.13.3 (Anexo C.13).

Tabla 4.19

Análisis de varianza del atributo color del porcentaje de hielo

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	39,94	65	0,61		
Muestras	1,48	2	0,74	1,21	3,22
Jueces	12,61	21	0,60	0,98	1,83
Error	25,84	42	0,61		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.19 del análisis de varianza para el atributo color, donde el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,21 < 3,22$); por lo cual, no existe diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada es decir que los jueces no perciben diferencias significativas entre las muestras evaluadas para el atributo color.

En base al análisis realizado del porcentaje de hielo utilizado en la tercera formulación, se estableció experimentalmente que la muestra de mayor preferencia por los jueces es C9 (carne de res 26,85%, carne de cerdo 15%, carne de llama 22%, tocino 24% y hielo 6%); ya que realizado el análisis de caja y bigote las medianas son de 4,5 y está en segundo cuartil para el atributo sabor y de 4 que está por encima del primer cuartil para los atributos olor, textura y color. Así mismo, realizado la prueba de Tukey existió diferencia significativa para el atributo sabor, olor y textura y no así para el atributo color para $p < 0,05$.

4.2.4 Evaluación sensorial de la cuarta formulación variando el porcentaje de tocino

Para la elaboración de la cuarta formulación variando el porcentaje de tocino, se procedió a realizar tres muestras, donde se hizo la variación de los porcentajes de carne de res, carne de cerdo, carne de llama, tocino y hielo como se detalla en la tabla 4.20.

Tabla 4.20

Cuarta formulación variando el porcentaje de tocino

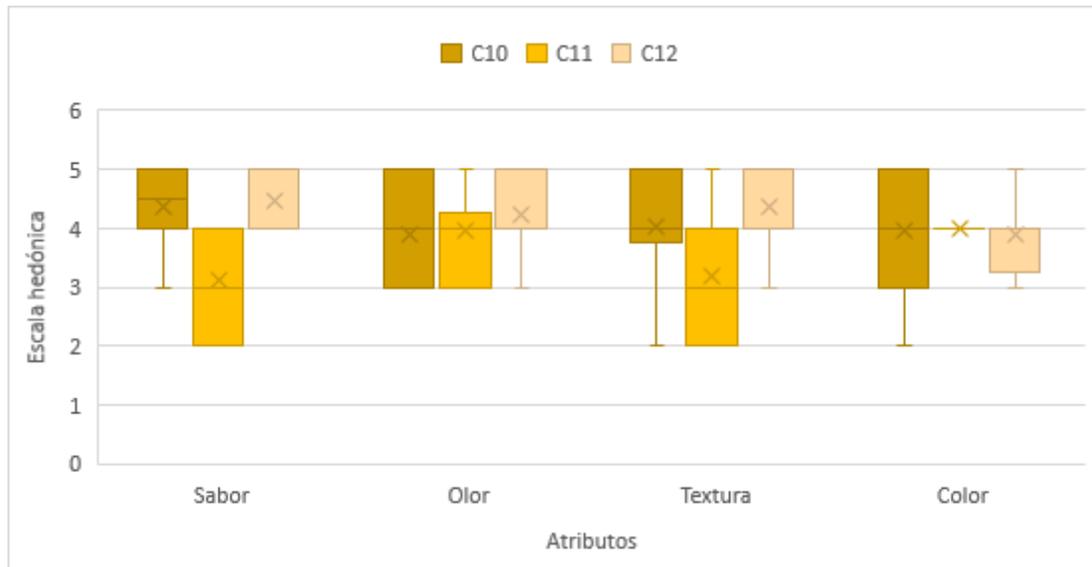
Muestras		
C10	C11	C12
Carne de res= 31,80%	Carne de res= 28,85%	Carne de res= 26,85%
Carne de cerdo= 17%	Carne de cerdo= 16%	Carne de cerdo= 15%
Carne de llama= 22%	Carne de llama= 22%	Carne de llama= 22%
Tocino= 20%	Tocino= 22%	Tocino=24%
Hielo= 4%	Hielo= 5%	Hielo= 6%

Fuente: Elaboración propia

En base a las dosificaciones de las tres muestras de hamburguesa, se sometieron a una evaluación sensorial compuesta por 22 jueces no entrenados que calificaron los atributos de sabor, olor, textura y color (Anexo B.4).

La figura 4.4, muestra el resultado de caja y bigote de la evaluación sensorial de la cuarta formulación variando el porcentaje de tocino, expresada en escala hedónica de

cinco puntos de acuerdo a los resultados de la tabla C.14.1; C.15.1; C.16.1 y C.17.1 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4 Caja y bigote para los atributos sensoriales del porcentaje de tocino

En el atributo sabor la más representativa son las siguientes muestras C12 con una mediana de 5 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra C10 y C11 sus medianas de 4,5 y 3 se encuentran cerca del segundo cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechaza ambas muestras.

Para el atributo olor la muestra más representativa es la muestra C12 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras C10 su mediana de 4 se encuentra cerca del segundo cuartil y la muestra C11 su mediana de 4 se encuentran cerca del tercer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan las muestras.

En el atributo textura la muestra más representativa es la C12 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras C10 su mediana de 4 se encuentra cerca del primer cuartil y la muestra C11 su mediana de 3 se encuentran cerca del segundo cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan las muestras.

En el atributo color la muestra más representativa es la C10 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras C11 y C12 sus medianas de 4 se encuentran cerca del tercer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan ambas muestras.

4.2.4.1 Prueba de Tukey para el atributo sabor del porcentaje de tocino

Según los resultados obtenidos de la tabla C 14.3 (Anexo C 14) del análisis de varianza para el atributo sabor, el valor $F_{cal} > F_{tab}$ ($22,93 > 3,22$); por lo cual, al existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis planteada es decir que los jueces identificaron diferencia entre las muestras evaluadas en el atributo sabor.

En la tabla 4.21, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey del atributo sabor extraídos del (Anexo C.14).

Tabla 4.21

Prueba de Tukey para el atributo sabor del porcentaje de tocino

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
C12-C10	$0,09 < 0,484$	No Significativo
C12-C11	$1,31 > 0,4845$	Significativo
C10-C11	$1,22 > 0,484$	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.21, se observa que los tratamientos C4-C5 son significativas entre sí por tanto existe diferencia entre ambas muestras, en cambio entre la C4-C6 y C6-C5 no son significativas es decir que no existe diferencia entre las muestras.

4.2.4.2 Análisis de varianza para el atributo olor del porcentaje de tocino

En la tabla 4.22 se muestra el análisis de varianza para el atributo olor extraída de la tabla C.15.3 (Anexo C.15).

Tabla 4.22

Análisis de varianza para el atributo olor del porcentaje de tocino

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	35,94	65	0,55		
Muestras	1,30	2	0,65	1,27	3,22
Jueces	13,27	21	0,63	1,23	1,83
Error	21,37	42	0,51		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.22 del análisis de varianza para el atributo olor, el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,27 < 3,22$); por lo cual, no existe diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada es decir que los jueces no percibieron diferencia significativa entre las muestras evaluadas para el atributo olor.

4.2.4.3 Prueba de Tukey para el atributo textura del porcentaje de tocino

Según los resultados obtenidos de la tabla C.16.3 (Anexo C16) del análisis de varianza para el atributo textura, el valor $F_{cal} > F_{tab}$ ($12,77 > 3,22$); por lo cual, al existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis planteada es decir que los jueces identificaron diferencia entre las muestras evaluadas en el atributo textura.

En la tabla 4.23, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey del atributo textura extraídos del (Anexo C.16).

Tabla 4.23

Prueba de Tukey para el atributo textura del porcentaje de tocino

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
C9-C8	$0,36 < 0,488$	No Significativo
C9-C7	$0,73 > 0,488$	Significativo
C8-C7	$0,37 < 0,488$	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.23, se observa que los tratamientos C9-C7 son significativas entre sí por tanto existe diferencia entre ambas muestras, en cambio entre la C9-C8 y C8-C7 no son significativas es decir que no existe diferencia entre las muestras.

4.2.4.4 Análisis de varianza para atributo color del porcentaje de tocino

En la tabla 4.24 se muestra el análisis de varianza para el atributo color extraída de la tabla C.17.3 (Anexo C.17).

Tabla 4.24

Análisis de varianza para el atributo color del porcentaje de tocino

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	36,86	65	0,57		
Muestras	0,087	2	0,043	0,069	3,22
Jueces	10,86	21	0,52	0,84	1,83
Error	25,91	42	0,62		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.24 del análisis de varianza para el atributo color, el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,069 < 3,22$); por lo cual, no existe diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis es decir que los jueces no percibieron diferencia significativa entre las muestras evaluadas para el atributo color.

De acuerdo al análisis realizado del porcentaje de hielo utilizado en la tercera formulación, se estableció experimentalmente que la muestra de mayor preferencia por los jueces es C12 (carne de vaca 26,85%, carne de cerdo 15%, carne de llama 22%, tocino 24% y hielo 6%); ya que realizado el análisis de caja y bigote las medianas son de 5 y está en tercer cuartil para el atributo sabor y de 4 que está por encima del primer cuartil para los atributos olor y textura. Así mismo, realizado la prueba de Tukey existió diferencia significativa para el atributo sabor, olor y textura y no así para el atributo color para $p < 0,05$.

Los jueces manifestaron la presencia de un sabor muy pronunciado a carne de llama debido al alto porcentaje de carne de res (26-43%), bajo contenido de carne de cerdo (15-25%) y bajo contenido de tocino (4-24%) haciendo que la textura de la hamburguesa sea bastante seca y engomada dando lugar a tiempos mayores en el cutterizado.

4.2.5 Evaluación sensorial para la selección de la muestra preliminar de hamburguesa con carne de llama

Experimentalmente se realizaron modificaciones en la formulación de cada una de las muestras elegidas de la primera formulación (C1, C2 y C3), segunda formulación (C4, C5 y C6), tercera formulación (C7, C8 y C9) y cuarta formulación (C10, C11 y C12). Para tal efecto, se procedió a utilizar un disco de 6mm en el proceso de molienda de materias primas y se procedió a variar las formulaciones iniciales de las cuatro muestras elegidas e incluyendo una muestra exclusivamente quitando la carne de res ya que la mayoría de los jueces manifestaron un sabor muy pronunciado de la carne de llama por la presencia de carne de res.

La tabla 4.25 muestra las modificaciones de las cinco nuevas formulaciones a ser evaluadas.

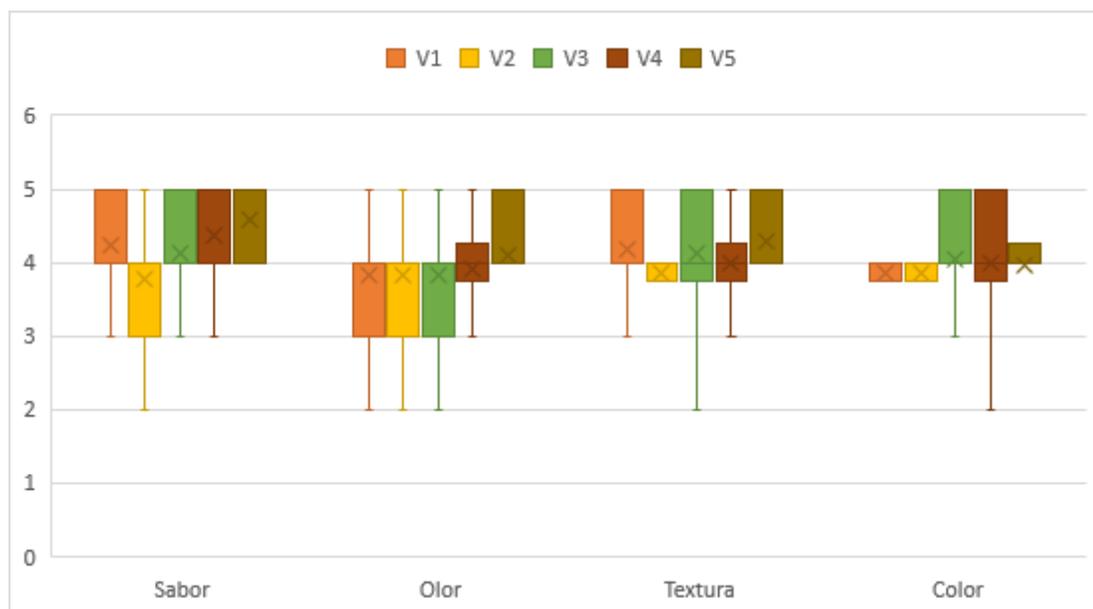
Tabla 4.25

Selección preliminar de hamburguesa con carne de llama

Muestras				
V1	V2	V3	V4	V5
Carne de res= 24,94%	Carne de res= 31,94%	Carne de res= 26,85%	Carne de res= 21,85%	Carne de res= 0%
Carne de cerdo= 29,97%	Carne de cerdo= 20,97%	Carne de cerdo= 17%	Carne de cerdo= 20%	Carne de cerdo= 28,92%
Carne de llama=20%	Carne de llama= 16%	Carne de llama= 22%	Carne de llama= 22%	Carne de llama= 28,92%
Tocino= 7%	Tocino= 15%	Tocino= 22%	Tocino= 24%	Tocino= 30%
Hielo= 8%	Hielo= 6%	Hielo= 6%	Hielo= 6%	Hielo=6%

Fuente: Elaboración propia

En base a las formulaciones realizadas de las cinco muestras de hamburguesa, se sometieron a una evaluación sensorial compuesta por 22 jueces no entrenados que calificaron los atributos de sabor, olor, textura y color en una escala hedónica de cinco puntos (Anexo B.5).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5 Caja y bigote para los atributos sensoriales para muestras elegidas

En el atributo sabor la más representativa son las siguientes muestras V5 con una mediana de 5 y está cerca del tercer cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 75% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras V1, V3 y V4, sus medianas de 4 se encuentran cerca del segundo cuartil y la V2 su mediana de 4 se encuentra cerca del tercer cuartil que en estos casos los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan las muestras.

Para el atributo olor la muestra más representativa es la muestra V5 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras V1, V2 y V3 sus medianas de 4 se encuentran cerca del tercer cuartil y la V4 su mediana de 4 se encuentra en el segundo cuartil que en estos caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan.

En el atributo textura la muestra más representativa es la V5 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras V1, V2, V3 y V4 sus medianas de 4 se encuentran cerca del segundo cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan las muestras.

Para el atributo color la muestra más representativa es la V3 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentradas en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que las muestras V1, V2, V4 y V5 sus medianas de 4 se encuentran cerca del segundo cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechazan las muestras.

4.2.5.1 Prueba de Tukey para el atributo sabor para la selección de muestra de hamburguesa con carne de llama

Según los resultados obtenidos de la tabla C 18.3 del (Anexo C18) del análisis de varianza para el atributo sabor, el valor $F_{cal} > F_{tab}$ ($3,40 > 2,57$); por lo cual, al existir diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis

planteada es decir que los jueces identificaron diferencia entre las muestras evaluadas en el atributo sabor.

En la tabla 4.26, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey del atributo sabor extraídos del (Anexo C.18).

Tabla 4.26

Prueba de Tukey para el atributo sabor para la selección de muestra de hamburguesa con carne de llama

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
V5-V4	0,23>0,1060	Significativo
V5-V1	0,36>0,1060	Significativo
V5-V3	0,45>0,1060	Significativo
V5-V2	0,82>0,1060	Significativo
V4-V1	0,13>0,1060	Significativo
V4-V3	0,22>0,1060	Significativo
V4-V2	0,59>0,1060	Significativo
V1-V3	0,09<0,1060	No Significativo
V1-V2	0,46>0,1060	Significativo
V3-V2	0,37>0,1060	Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.26, se observa que los tratamientos V5-V4, V5-V1, V5-V3, V5-V2, V4-V1, V4-V3, V4-V2, V1-V2 y V3-V2 son significativas entre sí por tanto existe diferencia entre ambas muestras, en cambio entre la V1-V3 no son significativas es decir que no existe diferencia entre las muestras.

4.2.5.2 Análisis de varianza para el atributo olor para la selección de muestra de hamburguesa con carne de llama

En la tabla 4.27 se muestra el análisis de varianza para el atributo olor extraída de la tabla C.19.3 (Anexo C.19).

Tabla 4.27

Análisis de varianza para el atributo olor para la selección de muestra de hamburguesa con carne de llama

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	80,69	109	0,74		
Muestras	1,23	4	0,31	0,39	2,57
Jueces	11,89	21	0,57	0,71	1,67
Error	67,57	84	0,80		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.27 del análisis de varianza del atributo olor, el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,39 < 2,57$); por lo cual, no existe diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada es decir que los jueces no percibieron diferencia significativa entre las muestras evaluadas para el atributo olor.

4.2.5.3 Análisis de varianza para el atributo textura para la selección de muestra de hamburguesa con carne de llama

En la tabla 4.28 se muestra el análisis de varianza para el atributo textura extraída de la tabla C.20.3 (Anexo C.20).

Tabla 4.28

Análisis de varianza para el atributo textura para la selección de muestra de hamburguesa con carne de llama

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	71,09	109	0,65		
Muestras	2,27	4	0,57	0,85	2,57
Jueces	12,29	21	0,58	0,86	1,67
Error	56,53	84	0,67		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.28 del análisis de varianza para el atributo textura, el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,85 < 2,57$); por lo cual, no existe diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada es decir que los jueces no percibieron diferencia significativa entre las muestras evaluadas para el atributo textura.

4.2.5.4 Análisis de varianza para el atributo color para la selección de muestra de hamburguesa con carne de llama

En la tabla 4.29 se muestra el análisis de varianza para el atributo color extraída de la tabla C.21.3 (Anexo C.21).

Tabla 4.29

Análisis de varianza para el atributo color para la selección de muestra de hamburguesa con carne de llama

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Fcal	Ftab
Total	63,67	109	0,58		
Muestras	0,58	4	0,14	0,22	2,57
Jueces	6,47	21	0,31	0,46	1,67
Error	56,62	84	0,67		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.29 del análisis de varianza del atributo color, el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,22 < 2,57$); por lo cual, no existe diferencia significativa mínima entre las muestras para $p < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada es decir que los jueces no percibieron diferencia significativa entre las muestras evaluadas para el atributo color.

En base al análisis realizado, se estableció experimentalmente que la muestra de mayor preferencia por los jueces es V5 (carne de cerdo 28,92%, carne de llama 28,92%, tocino 30% y hielo 6%); ya que realizado el análisis de caja y bigote las medianas son de 5 y está en tercer cuartil para el atributo sabor y de 4 que está por encima del segundo

cuartil para los atributos olor y textura. Así mismo, realizado la prueba de Tukey existió diferencia significativa para el atributo sabor y no así para el atributo olor, textura y color para $p < 0,05$.

En esta situación los jueces eligieron la muestra V5 por presentar un mejor sabor y textura, en comparación con las muestras que contenían carne de res; ya que la carne de cerdo contiene un mayor contenido de humedad y esto hace mejorar la emulsión cárnica dando una consistencia mucho más suave y flexible. Sin embargo, el medio se vio afectado por los porcentajes de carne de llama (28-29%) utilizado en la formulación de la hamburguesa que la misma contiene menor contenido de humedad en comparación de la carne de res.

4.3 Diseño experimental en el proceso de dosificación para hamburguesa con carne de llama

En base a la formulación de la muestra V5 se procedió experimentalmente a realizar el análisis estadístico del diseño experimental en el proceso de dosificación según lo mostrado en la tabla 3.21 variando los niveles de cada variable en: carne de cerdo (26-28) %, carne de llama (26-28) % y tocino (26-28) % tomando en cuenta como variables respuestas el contenido de humedad y materia grasa en las muestras de hamburguesas.

4.3.1 Resultados de la matriz del contenido de humedad de hamburguesa con carne de llama

En la tabla 4.30, se muestra la matriz de resultados del contenido de humedad extraídos de la tabla F.2.1 (Anexo F.2) para el proceso de dosificación de hamburguesa con carne de llama; cuyo diseño corresponde 2^3 para los factores carne de cerdo, carne de llama y tocino

Tabla 4.30

Matriz de resultados del contenido de humedad para el proceso de dosificación

Corridas	Combinación de tratamientos	Factores			Réplica I	Réplica I	Respuesta Y_i
		CC	CLL	T			
1	(1)	-1	-1	-1	60,91	62,08	122,99
2	CC	+1	-1	-1	59,60	62,35	121,95
3	CLL	-1	+1	-1	61,51	62,18	123,69
4	CC.CLL	+1	+1	-1	60,31	62,69	123d
5	T	-1	-1	+1	59,49	62,94	122,43
6	CC.T	+1	-1	+1	59,50	61,32	120,82
7	CLL.T	-1	+1	+1	55,83	59,92	115,75
8	CC.CLL.T	+1	+1	+1	59,08	57,50	116,78
Total							967,41

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Análisis de varianza del contenido de humedad en el proceso de dosificación de hamburguesa con carne de llama

En la tabla 4.31 se muestra el análisis de varianza para el diseño 2^3 para la variable respuesta contenido de humedad extraídos de la tabla F.2.3 (Anexo F.2).

Tabla 4.31

Análisis de varianza para el diseño 2^3 en el proceso de dosificación para contenido de humedad

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab
Total	57,34	15	3,82		
Factor CC	0,39	1	0,39	0,13	5,32
Factor CLL	5,26	1	5,26	1,70	5,32
Factor T	0,49	1	0,49	0,16	5,32
Interacción CC.CLL	16,10	1	16,10	5,21	5,32
Interacción CC. T	0,06	1	0,06	0,02	5,32
Interacción CLL.T	10,03	1	10,03	3,24	5,32
Interacción CC.CLL.T	0,27	1	0,27	0,09	5,32
Error	24,74	8	3,09		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.31 se puede observar que $F_{cal} < F_{tab}$ para todos los factores CC (carne de cerdo), CLL (carne de llama), T (tocino), CC.CLL (carne de cerdo-carne de llama), CC.T (carne de cerdo-tocino), CLL.T (carne de llama-tocino) y CC.CLL.T (carne de cerdo-carne de llama-tocino) es decir que no existe significancia estadística para $p < 0,05$. Se acepta la hipótesis planteada en el proceso de dosificación de los factores tomados en cuenta en el proceso de dosificación para la elaboración de hamburguesa con carne de llama.

4.3.3 Resultados de la matriz del contenido de materia grasa de hamburguesa con carne de llama

En la tabla 4.32, se muestra la matriz de resultados del contenido de materia grasa extraídos de la tabla F.3.1 (Anexo F.3) para el proceso de dosificación de hamburguesa con carne de llama; cuyo diseño corresponde 2^3 para los factores carne de cerdo, carne de llama y tocino

Tabla 4.32

Matriz de resultados del contenido de materia grasa para el proceso de dosificación

Corridas	Combinación de tratamientos	Factores			Réplica I	Réplica I	Respuesta Y_i
		CC	CLL	T			
1	(1)	-1	-1	-1	22,80	19,74	42,54
2	CC	+1	-1	-1	20,75	18,72	39,47
3	CLL	-1	+1	-1	19,49	18,86	38,35
4	CC.CLL	+1	+1	-1	19,26	19,11	38,37
5	T	-1	-1	+1	23,83	18,03	41,86
6	CC.T	+1	-1	+1	25,85	18,58	44,43
7	CLL.T	-1	+1	+1	26,12	22,70	48,82
8	CC.CLL.T	+1	+1	+1	23,16	22,79	45,95
Total							339,79

Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Análisis de varianza del contenido de materia grasa en el proceso de dosificación de hamburguesa con carne de llama

En la tabla 4.33 se muestra el análisis de varianza para el diseño 2^3 para la variable respuesta contenido de materia grasa extraídos de la tabla F.3.3 (Anexo F.3).

Tabla 4.33

Análisis de varianza para el diseño 2³ en el proceso de dosificación para contenido de materia grasa

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab
Total	105,83	15	7,06		
Factor CC	0,70	1	0,70	0,10	5,32
Factor CLL	0,64	1	0,64	0,09	5,32
Factor T	0,35	1	0,35	0,05	5,32
Interacción CC.CLL	31,16	1	31,16	4,44	5,32
Interacción CC. T	0,47	1	0,47	0,07	5,32
Interacción CLL.T	11,85	1	11,85	1,69	5,32
Interacción CC.CLL.T	4,55	1	4,55	0,65	5,32
Error	56,12	8	7,01		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.33 se puede observar que $F_{cal} < F_{tab}$ para todos los factores CC (carne de cerdo), CLL (carne de llama), T (tocino), CC.CLL (carne de cerdo-carne de llama), CC.T (carne de cerdo-tocino), CLL.T (carne de llama-tocino) y CC.CLL.T (carne de cerdo-carne de llama-tocino) es decir que no existe significancia estadística para $p < 0,05$. Se acepta la hipótesis planteada en el proceso de dosificación de los factores tomados en cuenta en el proceso de dosificación para la elaboración de hamburguesa con carne de llama.

Realizado el análisis de varianza para los factores CC (carne de cerdo 26%), CLL (carne de llama 26%) y T (tocino 26%) en el proceso de dosificación para la elaboración de hamburguesa con carne de llama no existe diferencia significativa, ya que $F_{cal} < F_{tab}$ para las variables respuesta contenido de humedad y materia grasa para una $p < 0,05$. Es decir que los factores tomados en cuenta en el proceso de dosificación no son significativos para los niveles de variación tomados en cuenta en el experimento.

En esta situación se tomó en cuenta la composición final de una muestra con el nivel más bajo de tocino 26% y hielo 16% ya que durante la realización del diseño experimental se tuvieron problemas en la formación de la masa cárnica, mostrando una apariencia más grasosa y flexible debido al alto contenido de grasa.

4.4 Elección de muestra referencia de hamburguesa

Al no existir en el mercado local de Tarija una hamburguesa con carne de llama, se procedió a tomar en cuenta hamburguesas con carne de res de Fridosa y Sofía; ya que las mismas son de mayor venta y consumo, con la finalidad de establecer una muestra de referencia en los atributos sabor, olor, textura y color (Anexo B.6)

4.4.1 Evaluación sensorial para elegir muestra de referencia de hamburguesa

En la figura 4.6 se observa gráfica de caja y bigotes para los atributos sabor, olor, textura y color para la elección muestra de referencia de hamburguesa utilizando 22 jueces no entrenados en escala hedónica de cinco puntos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 Caja y bigote para los atributos sensoriales de muestra referencia

En el atributo sabor la muestra más representativa es la muestra H01 con una mediana de 4,5 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentrados en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra H02 su mediana de 4 se encuentra cerca del segundo cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechaza.

Para el atributo olor la muestra más representativa es la muestra H01 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentrados en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra H02 su mediana de 4 se encuentra cerca del tercer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechaza la muestra.

En el atributo textura la muestra más representativa es la muestra H01 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentrados en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra H02 su mediana de 4 se encuentra cerca del tercer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechaza.

Para el atributo color la muestra más representativa es la muestra H01 con una mediana de 4 y está cerca del segundo cuartil indicando que las puntuaciones de los jueces están concentrados en el 50% de la caja, por lo tanto, es la que se acepta mientras que la muestra H02 su mediana de 4 se encuentra cerca del tercer cuartil que en este caso los datos están por debajo de su mediana por lo que se rechaza la muestra.

4.4.1.1 Estadístico de múltiples comparaciones para el atributo sabor

En la tabla 4.34 se muestra los resultados de la prueba de múltiples comparaciones para el atributo sabor, datos extraídos del (Anexo D.2).

Tabla 4.34

Prueba de múltiples comparaciones del atributo sabor para la elección muestra de referencia

Tratamientos	Valor	Diferencia	F	Valor critico
$R_1 - R_2$	93-77	16	10,17	Significativo

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.2 Estadístico de múltiples comparaciones para el atributo olor

En la tabla 4.35 se muestra los resultados de la prueba de múltiples comparaciones para el atributo olor, datos extraídos del (Anexo D.2).

Tabla 4.35

Prueba de múltiples comparaciones del atributo olor para la elección muestra de referencia

Tratamientos	Valor	Diferencia	F	Valor critico
$R_i - R_2$	88-81	7	7,76	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.3 Estadístico de múltiples comparaciones para el atributo textura

En la tabla 4.36 se muestra los resultados de la prueba de múltiples comparaciones para el atributo textura, datos extraídos del (Anexo D.3).

Tabla 4.36

Prueba de múltiples comparaciones del atributo textura para la elección muestra de referencia

Tratamientos	Valor	Diferencia	F	Valor critico
$R_i - R_2$	87-81	6	9,57	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.4 Estadístico de múltiples comparaciones para el atributo color

En la tabla 4.37 se muestra los resultados de la prueba de múltiples comparaciones para el atributo color, datos extraídos del (Anexo D.4).

Tabla 4.37***Prueba de múltiples comparaciones del atributo color para la elección muestra de referencia***

Tratamientos	Valor	Diferencia	F	Valor critico
$R_1 - R_2$	90-84	6	8,57	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En base al análisis realizado de caja y bigote la muestra de mayor preferencia por los jueces es H01 (Hamburguesa Sofía); ya que las medianas son de 4,5 y está en el segundo cuartil para el atributo sabor y de 4 que está por encima del primer cuartil para los atributos olor, textura y color; por tal motivo se acepta la muestra. Realizado la prueba de Friedman existió diferencia significativa para el atributo sabor y no así para el atributo olor, textura y color para $p < 0,05$.

4.5 Evaluación sensorial del producto final con muestra de referencia

A nivel experimental se elaboró una muestra tomando en cuenta la formulación de la muestra elegida del diseño experimental y se procedió a realizar la evaluación sensorial con la muestra de referencia.

La evaluación sensorial estuvo compuesta por 22 jueces no entrenados, que calificaron las dos muestras según su preferencia las cuales estuvieron codificadas con H01 como muestra de referencia y H056 como producto final (Anexo B7).

La tabla 4.38 muestra la formulación final del producto.

Tabla 4.38

Producto final

Muestra H056
Carne de cerdo= 26%
Carne de llama= 26%
Tocino= 26%
Hielo= 16%

Fuente: Elaboración propia

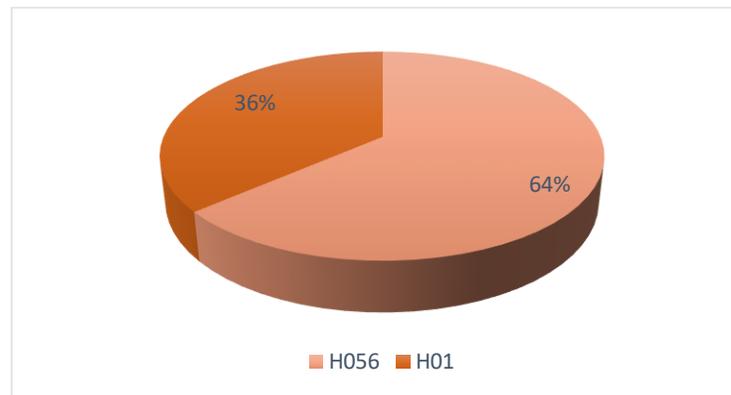


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Producto final

En la figura 4.7 se muestra el producto final, envasado, congelado y codificado.

La figura 4.8, muestra los porcentajes de preferencia de la evaluación sensorial de las dos muestras de hamburguesa, expresada de acuerdo a los resultados de la tabla E.2.1 (Anexo E).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8 Valores porcentuales de producto final y muestra de referencia

En la figura 4.8 se observa una gráfica de tortas, donde se muestra los porcentajes de las muestras, el 64% de los jueces prefirieron la muestra H056 y el 36% de los jueces prefirieron la muestra H116.

4.5.1 Prueba de “T” de Student para producto final con muestra de referencia

$$T_{cal} = 0,54 < T_{tab} = 1,721$$

Como se puede observar estadísticamente $T_{cal} (0,54) < T_{tab} (1,721)$, por lo que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (muestras) y se acepta la H_p . Concluyendo que las muestras de hamburguesas analizadas por los jueces no pudieron encontrar diferencias significativas.

En base al análisis realizado del producto final con muestra de referencia, se estableció experimentalmente que la muestra de mayor preferencia por los jueces es H056 (Producto final); ya que realizado el análisis de torta los jueces prefirieron en un 64% la muestra y un 34% la rechazaron. Así mismo, realizado la prueba de “T” de Student no existió diferencia significativa entre las muestras evaluadas para $p < 0,05$.

4.6 Determinación de la cinética de congelación de hamburguesa con carne de llama

Para determinar la cinética de congelación en hamburguesas con carne de llama, se tomó en cuenta 4 hamburguesas, insertando el termómetro digital de manera lateral hasta el centro de la hamburguesa; donde se controló la temperatura y tiempo para determinar temperatura de congelamiento y temperatura de sub-enfriamiento.

4.6.1 Determinación de la temperatura de congelación en hamburguesa con carne de llama

Se realizaron pruebas que según dato bibliográfico el producto debería congelarse por completo a una temperatura de -2°C ; al llegar a esa temperatura se abrió en el congelador y se pudo verificar que las hamburguesas estaban congeladas solamente la parte inferior, ya que tenían un contacto directo con la placa, sin embargo la parte superior de la hamburguesa no se encontraba totalmente congelada, ya que ahí actuaba la corriente de aire frío y a partir de ahí se fue palpando el producto hasta que la hamburguesa esté congelada y desde ahí se pudo determinar que en un tiempo de 30 minutos la hamburguesa alcanzó su temperatura de congelación de -7°C , a partir de ahí controló la temperatura y el tiempo cada 2 minutos, donde las hamburguesas entraban con una temperatura de 12°C .

En la tabla 4.39, se muestran los resultados obtenidos durante la determinación de la temperatura de congelación de hamburguesa con carne de llama.

Tabla 4.39

Determinación de la temperatura de congelación

Numero de ensayos	Tiempo (min)	Temperatura
1	0	12
2	2	6
3	4	3
4	6	0
5	8	-2
6	10	-3
7	12	-3
8	14	-3
9	16	-4
10	18	-4
11	20	-5
12	22	-5
13	24	-6
14	26	-6
15	28	-7
16	30	-7

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9, se muestra la curva de congelamiento de acuerdo a los datos establecidos en la tabla 4.39.

Fuente: Elaboración propia

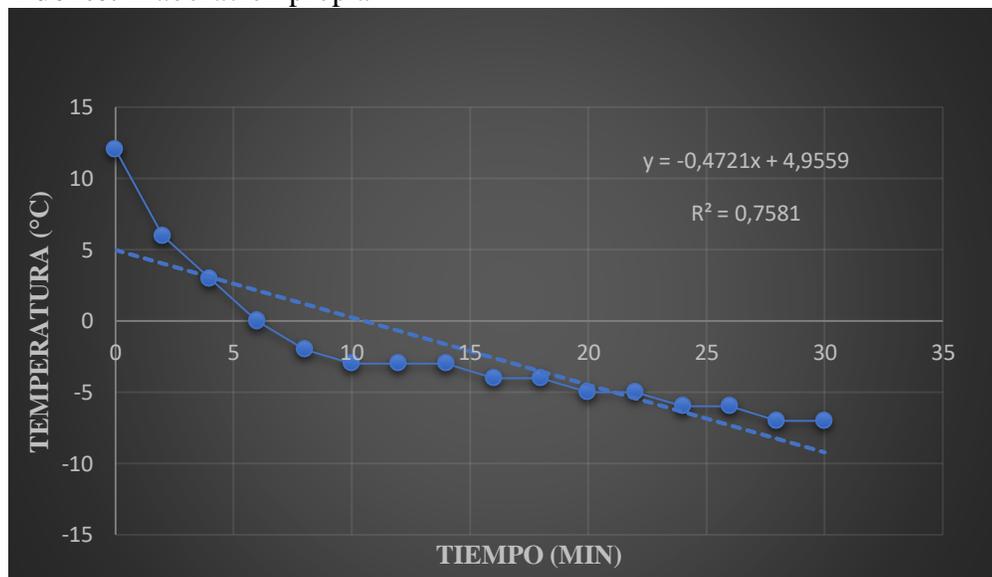


Figura 4.9 Temperatura de congelación

Como se puede observar en la figura 4.8, al momento que la temperatura llega a (-2) °C, comienza a disminuir la velocidad de descenso de temperatura y se pudo ver que la parte de debajo de la hamburguesa se endureció y así sucesivamente se fue endureciendo completamente hasta alcanzar los (-7) °C, tardando un tiempo de 30 minutos.

4.6.2 Determinación de la temperatura de sub-enfriamiento en hamburguesa con carne de llama

Para determinar la temperatura de sub-enfriamiento de hamburguesa con carne de llama, se tomó en cuenta 4 muestras de hamburguesas envasadas, insertando el termómetro digital de manera horizontal hasta el centro, donde la temperatura descendió a los (-1) °C después del envasado al vacío, desde ahí fueron tomados los datos de temperatura y tiempo.

En la tabla 4.40, se muestran los resultados obtenidos durante la determinación de la temperatura de sub-enfriamiento de hamburguesa con carne de llama.

Tabla 4.40

Determinación de la temperatura de sub-enfriamiento

Número de ensayos	Tiempo	Temperatura
1	0	-1
2	2	-2
3	4	-3
4	6	-4
5	8	-5
6	10	-6
7	12	-6
8	14	-6
9	16	-7
10	18	-7
11	20	-7
12	22	-8
13	24	-8
14	26	-8
15	28	-9
16	30	-9
17	32	-10
18	34	-11
19	36	-12
20	38	-13
21	40	-14
22	42	-15
23	44	-15
24	46	-16
25	48	-17
26	50	-18
27	52	-18
28	54	-18

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se muestra la curva de sub-enfriamiento de acuerdo a los datos establecidos en la tabla 4.40.

Fuente: Elaboración propia

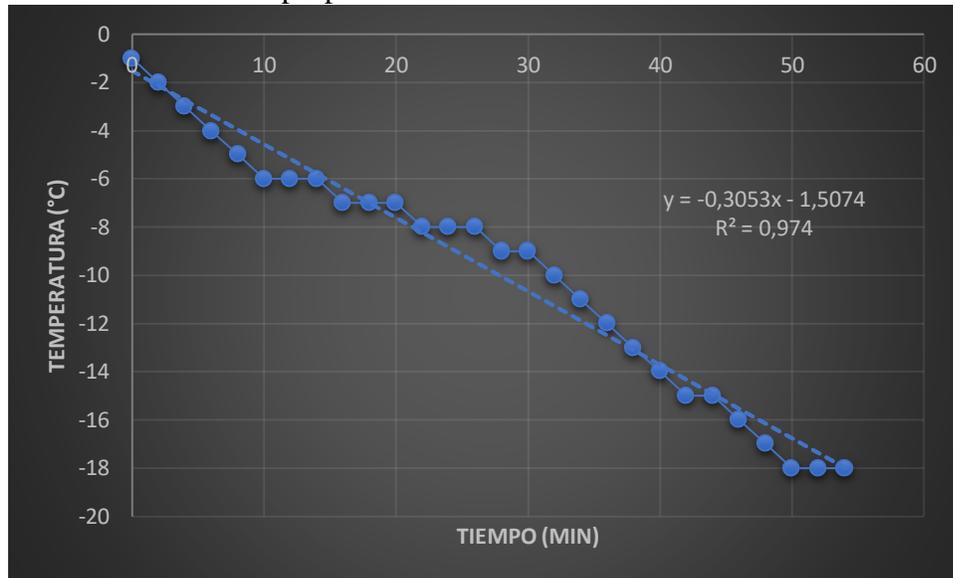


Figura 4.10 Temperatura de sub-enfriamiento

Como se puede observar en la figura 4.10, en la etapa de sub-enfriamiento las hamburguesas al salir de la etapa de congelación fueron llevadas a ser envasadas y durante ese tiempo la temperatura comenzó a aumentar, estando a (-1)°C con envase y disminuyendo su temperatura hasta (-18)°C en un tiempo de 54 minutos donde se puede afirmar que ya no existirá crecimiento microbiano y donde el producto se encuentra en buenas condiciones para su conservación.

4.6.3 Determinación de la cinética de congelación de hamburguesa con carne de llama a través de fórmulas matemáticas

Para determinar la cinética de congelación a través de fórmulas matemáticas, se realizó en base al formulario de la materia de tecnología de frío (INA 084) (Torrejón,2018).

Temperatura de congelación:

$$T_i = T_c - K \theta_i$$

Donde:

T_i = Temperatura inicial

T_c = Temperatura de congelación

K = Pendiente

θ_i = Tiempo en minutos

$$T_i = T_c - K \theta_i$$

$$-T_c = -T_i - K \theta_i \quad (-1)$$

$$T_c = T_i + K \theta_i$$

$$T_c = 12 - 0,4721 (30)$$

$$T_c = -2,16 \text{ °C}$$

Temperatura de sub-enfriamiento

$$T_f = T_c + K \theta_i$$

Donde:

T_f = Temperatura final

T_c = Temperatura de congelación

K = Pendiente

θ_i = Tiempo en minutos

$$T_f = T_c + K \theta_i$$

$$T_f = -2,16 + (-0,3053)(54) = - 14,33 \text{ °C}$$

4.7 Caracterización del producto final

Las características del producto final y las materias primas, se especifican mediante las propiedades físicas del producto final, fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de cerdo y la carne de llama.

4.7.1 Características físicas del producto final

En la tabla 4.41, se muestra los resultados obtenidos (Anexo A) de las características físicas del producto final. Los datos fueron medidos en el Taller de Alimentos (LTA); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.41

Resultados de las propiedades físicas del producto final

Parámetros	Unidad	Resultado
Peso de la hamburguesa	g	110,55 g
Diámetro de la hamburguesa	Cm	12,5 cm
Alto de la hamburguesa	Cm	1 cm

Fuente: Elaboración propia

4.7.2 Características fisicoquímicas del producto final

En la tabla 4.42, se muestra los resultados obtenidos (Anexo A) de la composición fisicoquímica del producto final. Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.42

Características fisicoquímicas del producto final

Parámetros	Unidad	Resultado
Calcio	mg/100g	36
Ceniza	%	2,08
Fibra	%	n.d
Grasa	%	18,85
Hidratos de Carbono	%	3,50
Hierro	mg/100g	1,30
Humedad	%	62,49
Magnesio	mg/100g	16
Potasio	mg/100g	141
Proteína total (Nx6,25)	%	13,08
Sodio	mg/100g	584
Valor energético	Kcal/100 g	225,47

Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4.42 se puede observar que el producto final contiene 36 mg/100g calcio, 2,08% ceniza, n.d fibra, 18,85% grasa, 3,50% hidratos de carbono, 1,30 mg/100g hierro, 62,49% humedad, 16 mg/100g magnesio, 141 mg/100g potasio, 13,08% proteína total, 584 mg/100g sodio y 225,47 Kcal/100 g de valor energético.

4.7.3 Análisis microbiológicos del producto final

En la tabla 4.43, se muestran los resultados obtenidos (Anexo A) de los análisis microbiológicos de la carne de cerdo. Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.43

Análisis microbiológicos del producto final

Parámetro	Unidad	Resultado
Bacterias Aerobias mesófilas	UFC/g	$2,2 \times 10^4$
Coliformes fecales	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$
Coliformes totales	UFC/g	$1,3 \times 10^2$
Escherichia coli	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$
Mohos y levaduras	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$
Salmonella	P/A/25g	Ausencia
Staphylococcus aureus	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$

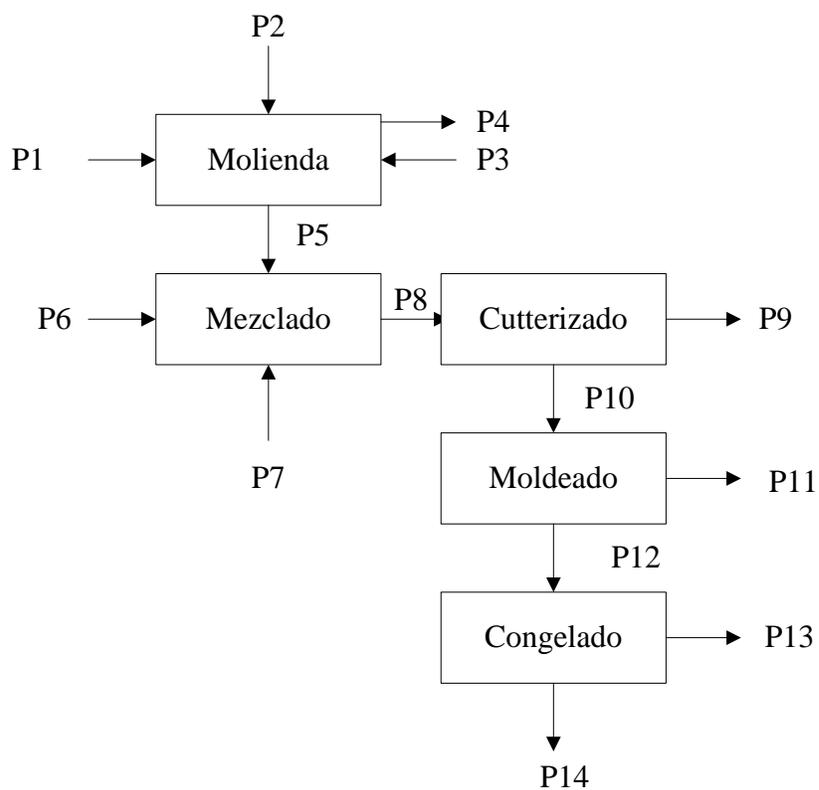
Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4.43, se puede observar que el producto final contiene $2,2 \times 10^4$ de bacterias Aerobias mesófilas, $<1,0 \times 10^1$ de coliformes fecales, $1,3 \times 10^2$ de coliformes totales, $<1,0 \times 10^1$ de Escherichia coli, $<1,0 \times 10^1$ de mohos y levaduras, ausencia de Salmonella y $<1,0 \times 10^1$ de Staphylococcus aureus.

4.8 Balance de materia en el proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama

Para realizar el balance de materia en el proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama, se tomó en cuenta a nivel experimental la cantidad de carne de cerca, carne de llama y tocino.

En la figura 4.11, se describe en detalle el diagrama de bloques utilizado para realizar el balance de materia en el proceso para lo cual se tomó en cuenta 1,6 kg de hamburguesas con carne de llama.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11 Balance de materia en el proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama

Donde:

P1= Cantidad carne de cerdo

P2= Cantidad carne de llama

P3= Cantidad de tocino

P4= 5,32% Cantidad pérdida de materia prima

P5= Cantidad carne de cerdo, carne de llama y tocino

P6= Cantidad de hielo

P7= Cantidad de insumos

P8= Cantidad de masa

P9= 2,2% Cantidad pérdida de masa

P10= Cantidad de masa homogenizada

P11= 1,02% Cantidad pérdida de homogenizada

P12= Cantidad de hamburguesas

P13= 0,52% Cantidad pérdida de peso en las hamburguesas en el congelado

P14= Cantidad de hamburguesas congeladas

4.8.1 Balance de materia en el proceso de molienda de la materia prima

La figura 4.11, muestra el balance de materia en el proceso de molienda de la materia prima.

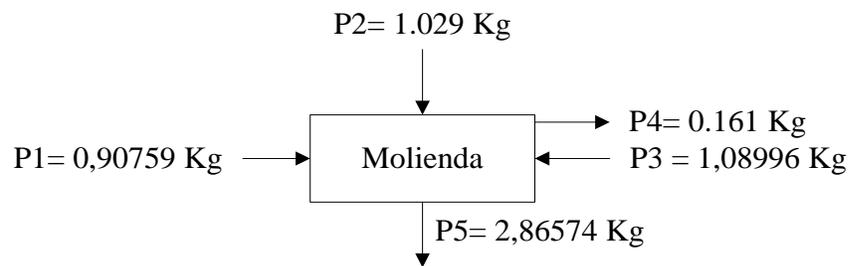


Figura 4.12 Balance de materia en el proceso de molienda

Balance de materia global en el proceso de molienda

$$P1 + P2 + P3 = P4 + P5$$

$$-P4 = P5 - P1 - P2 - P3 \quad (-1)$$

$$P4 = - P5 + P1 + P2 + P3$$

$$P4 = -2,86574 + 0,90759 + 1,02919 + 1,08996$$

$$P4 = 0,161 \text{ Kg de pérdida}$$

Porcentaje de pérdida

3,02674 Kg \rightarrow 100

0,161 Kg \rightarrow x= 5,32% de pérdida

4.8.2 Balance de materia en el mezclado de la materia prima en insumos

En la figura 4.12, muestra el balance de materia en el proceso de mezclado de las materias primas e insumos.

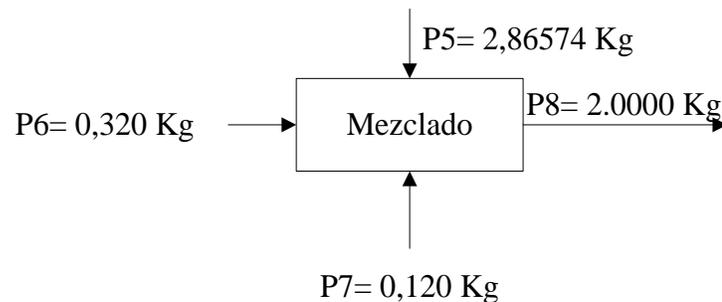


Figura 4.13 Balance de materia en el proceso de mezclado

Balance de materia global en el mezclado

$$P6 + P5 + P7 = P8$$

$$P5 = P8 - P6 - P7$$

$$P5 = 2,000 - 0,320 - 0,120$$

P5= 1, 56 Kg de materia prima al entrar al proceso

4.8.3 Balance de materia en el cutterizado

La figura 4.13, muestra el balance de materia en el proceso de cutterizado.

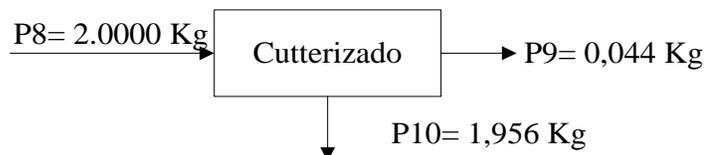


Figura 4.14 Balance de materia en el proceso de cutterizado

Balance de materia global en el proceso de cutterizado

$$P8 = P10 + P9$$

$$-P9 = -P8 + P10 \quad (-1)$$

$$P9 = P8 - P10$$

$$P9 = 2,000 - 1,956$$

$$P9 = 0,044 \text{ Kg de pérdida}$$

Porcentaje de pérdida

$$2,000 \text{ Kg} \rightarrow 100$$

$$0,044 \text{ Kg} \rightarrow x = 2,2\% \text{ de pérdida}$$

4.8.4 Balance de materia en el proceso de moldeado

La figura 4.14, muestra el balance de materia en el proceso de moldeado.

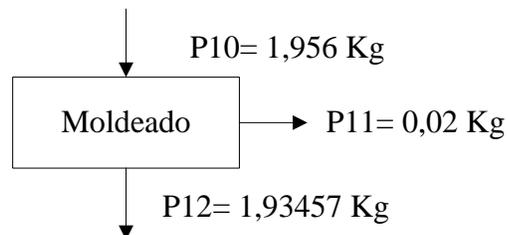


Figura 4.15 Balance de materia en el proceso de moldeado

Balance de materia global en el proceso de moldeado

$$P10 = P12 + P11$$

$$-P11 = P12 - P10 \quad (-1)$$

$$P11 = -P12 + P10$$

$$P11 = 1,93457 + 1,956$$

$$P11 = 0,02 \text{ Kg de pérdida}$$

Porcentaje de pérdida

$$1,956 \text{ Kg} \rightarrow 100$$

$$0,02 \text{ Kg} \rightarrow x = 1,02\% \text{ de pérdida}$$

4.8.5 Balance de materia después del congelado

La figura 4.15, muestra el balance de materia en el proceso de congelado.

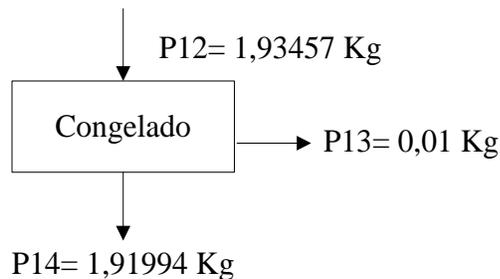


Figura 4.16 Balance de materia después del congelado

Balance de materia global para el proceso de congelado

$$P12 = P14 + P13$$

$$-P13 = P14 - P12 \quad (-1)$$

$$P13 = -P14 + P12$$

$$P13 = -1,91994 + 1,93457$$

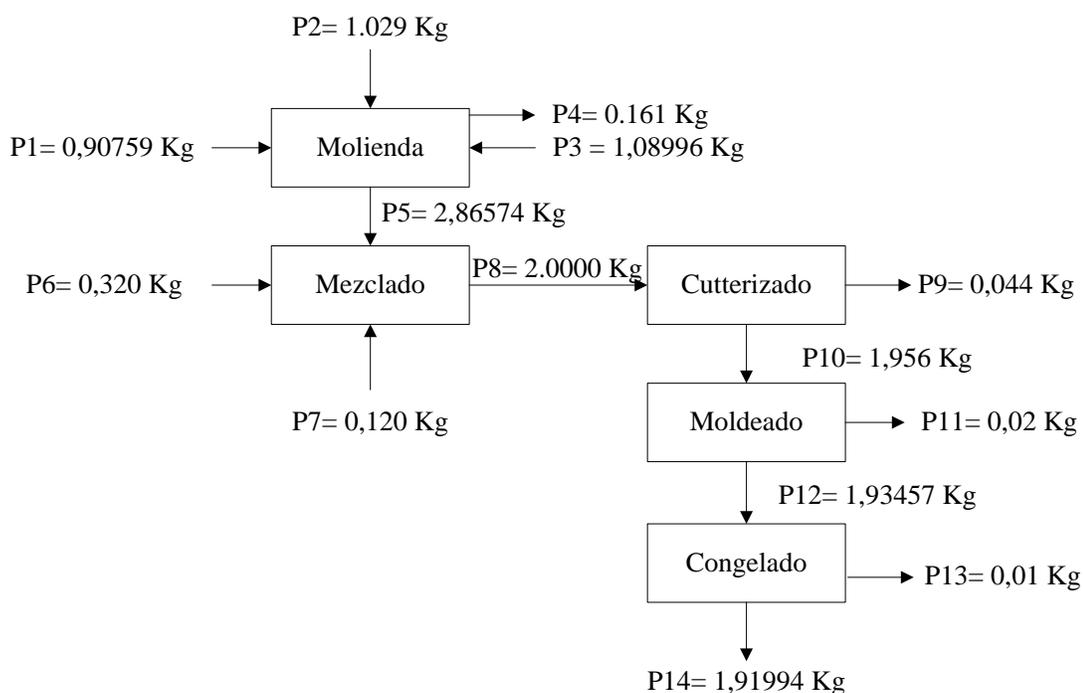
$$P13 = 0,01 \text{ Kg de pérdida}$$

Porcentaje de pérdida

$$1,93457 \text{ Kg} \rightarrow 100$$

$$0,01 \text{ Kg} \rightarrow x = 0,52\% \text{ de pérdida}$$

4.8.6 Resumen del balance de materia en el proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17 Resumen Balance de materia en el proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama

4.9 Consumo de energía en el proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de hamburguesa con carne de llama, se tomó en cuenta sus voltajes y tiempo de funcionamiento de los equipos que fueron utilizados durante la elaboración del producto.

4.9.1 Cálculo de consumo de energía balanza analítica

Para determinar la energía consumida en balanza analítica, se recurrió a la ecuación (4.1).

La potencia de la balanza es de: 5W

Tiempo de uso de la balanza analítica: 2 horas

$$t = \frac{Q}{P}$$

ecuación 4.1

Donde:

P= potencia del equipo (W)

t= tiempo de uso (min)

Q= calor requerido (Kcal)

Despejando Q de la ecuación 4.1, se tendrá:

$$Q = P \times t$$

$$Q = 5W \left(\frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 2 \text{ horas} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} \right)$$

$$Q = 5W \left(\frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 2 \text{ horas} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} \right)$$

$$Q = 36000 \text{ J}$$

$$Q = 36000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 36000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 8,60 \text{ Kcal}$$

4.9.2 Cálculo de consumo de energía de la moledora

Para determinar la energía consumida en la moledora, se recurrió a la ecuación (4.1).

La potencia de la moledora es de: 1,5 Kw

Tiempo de uso de la moledora: 1 hora

Despejando Q de la ecuación 4.1, se tendrá:

$$Q = P \times t$$

$$Q = 1,5 \text{ Kw} \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 1 \text{ hora} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$Q = 1,5 \text{ Kw} \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 1 \text{ hora} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} \right)$$

$$Q = 5400000 \text{ J}$$

$$Q = 5400000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 5400000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 1290,63 \text{ Kcal}$$

4.9.3 Cálculo de consumo de energía del mixer

Para determinar la energía consumida en el mixer, se recurrió a la ecuación (4.1).

La potencia del mixer es de: 350W

Tiempo de uso de la balanza analítica: 5 minutos

Despejando Q de la ecuación 4.1, se tendrá:

$$Q = P \times t$$

$$Q = 350 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 5 \text{ min} \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$Q = 350 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 5 \text{ min} \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$Q = 105000 \text{ J}$$

$$Q = 105000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 105000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 25,09 \text{ Kcal}$$

4.9.4 Cálculo de consumo de energía del congelador

Para determinar la energía consumida en el congelador, se recurrió a la ecuación (4.1).

La potencia del congelador es de: 400W

Tiempo de uso del congelador: 2 horas

Despejando Q de la ecuación 4.1, se tendrá:

$$Q = P \times t$$

$$Q = 400\text{W} \left(\frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 2 \text{ horas} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} \right)$$

$$Q = 400\text{W} \left(\frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 2 \text{ horas} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} \right)$$

$$Q = 2880000 \text{ J}$$

$$Q = 2880000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 2880000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 688,33 \text{ Kcal}$$

4.9.5 Cálculo de consumo de energía de la cutter

Para determinar la energía consumida en la cutter, se recurrió a la ecuación (4.1).

La potencia de la cutter es de: 950W

Tiempo de uso de la cutter: 5 minutos

Despejando Q de la ecuación 4.1, se tendrá:

$$Q = P \times t$$

$$Q = 950W \left(\frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 5 \text{ min} \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$Q = 950W \left(\frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ J/s}}{1 \text{ Kw}} \right) \times 5 \text{ min} \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$Q = 285000 \text{ J}$$

$$Q = 285000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 105000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 68,12 \text{ Kcal}$$

4.9.6 Cálculo de consumo de energía de la envasadora al vacío

Para determinar la energía consumida en la envasadora al vacío, se recurrió a la ecuación (4.1).

La potencia de la envasadora al vacío es de: 0,75 Kw

Tiempo de uso de la envasadora al vacío: 1 hora

Despejando Q de la ecuación 4.1, se tendrá:

$$Q = P \times t$$

$$Q = 0,75 \text{Kw} \left(\frac{1000 \text{J/s}}{1 \text{Kw}} \right) \times 1 \text{ hora} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{min}} \right)$$

$$Q = 0,75 \text{Kw} \left(\frac{1000 \text{J/s}}{1 \text{Kw}} \right) \times 1 \text{ hora} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{hora}} \right)$$

$$Q = 2700000 \text{ J}$$

$$Q = 2700000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 105000 \text{ J} \frac{1 \text{ Kcal}}{4184 \text{ J}}$$

$$Q = 645,31 \text{ Kcal}$$

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los análisis fisicoquímicos de la carne de cerdo: 1,22 % ceniza, n.d % fibra, 6,02% grasa, 0,56 % de hidratos de carbono, 68,95% humedad, 23,25 % proteína total y 149, 42 Kcal/100g valor energético.
- Los análisis fisicoquímicos de la carne de llama: 1,16 % ceniza, n.d % fibra, 11,22% grasa, 0,44% hidratos de carbono, 63,50% humedad, 23,68% proteína total y 197, 46 Kcal/100 g de valor energético.
- Los análisis microbiológicos de la carne de cerdo contienen $2,4 \times 10^2$ UFC/g de *Escherichia coli* y ausencia de *Salmonella* P/A/25g.
- Los análisis microbiológicos de la carne de llama contienen $1,2 \times 10^2$ UFC/g de *Escherichia coli* y ausencia de *Salmonella* P/A/25g.
- Se concluye de acuerdo al análisis realizado de caja y bigote de la primera formulación del porcentaje de carne de res, la muestra de mayor preferencia fue la C3 (carne de res 32,94%, carne de cerdo 29,97%, carne de llama 12%, tocino 7% y hielo 8 %) con una mediana de 4 y está por encima del tercer cuartil para el atributo textura y color, donde se realizó la prueba de Tukey y existió diferencia significativa para el atributo textura y no así para el atributo color $p < 0,05$.
- Se concluye en la segunda formulación del porcentaje de carne de llama utilizado que el análisis realizado la muestra de mayor preferencia por los jueces es la C4 (carne de res 32,94%, carne de cerdo 31,54%, carne de llama 15%, tocino 15% y hielo 6%) con una mediana de 5 y está por encima del tercer cuartil para los atributos de sabor y olor, realizado la prueba de Tukey

- existió diferencia significativa para el atributo sabor y olor y no así para el atributo textura y color para $p < 0,05$.

- De acuerdo al análisis realizado del porcentaje de hielo utilizado en la tercera formulación, se estableció que la muestra de mayor preferencia por los jueces es C9 (carne de res 26,85%, carne de cerdo 15%, carne de llama 22%, tocino 24% y hielo 6%); ya que realizado el análisis de caja y bigote las medianas son de 4,5 y está en segundo cuartil para el atributo sabor y de 4 que está por encima del primer cuartil para los atributos olor, textura y color. Realizado la prueba de Tukey existió diferencia significativa para el atributo sabor, olor y textura y no así para el atributo color para $p < 0,05$.

- De acuerdo al análisis realizado del porcentaje de hielo utilizado en la tercera formulación, se estableció experimentalmente que la muestra de mayor preferencia por los jueces es C12 (carne de vaca 26,85%, carne de cerdo 15%, carne de llama 22%, tocino 24% y hielo 6%); ya que realizado el análisis de caja y bigote la mediana es de 5 y está en tercer cuartil para el atributo sabor para los atributos olor y textura. Así mismo, realizado la prueba de Tukey existió diferencia significativa para el atributo sabor, olor y textura y no así para el atributo color para $p < 0,05$.

- Se concluyó de acuerdo al análisis que la muestra preliminar es la V5 (carne de cerdo 28,92%, carne de llama 28,92%, tocino 30% y hielo 6%), ya que realizado el análisis de caja y bigote por tener mayor preferencia por los jueces en los atributos sabor, olor y textura.

- De acuerdo a esta situación los jueces eligieron la muestra V5 por presentar un mejor sabor y textura, en comparación con las muestras que contenían carne de res; ya que la carne de cerdo contiene un mayor contenido de humedad y esto hace mejorar la emulsión cárnica dando una consistencia

- mucho más suave y flexible. Sin embargo, el medio se vio afectado por los porcentajes de carne de llama (28-29%) utilizado en la formulación de la hamburguesa que la misma contiene menor contenido de humedad en comparación de la carne de res.
- Realizado el análisis de varianza para los factores CC (carne de cerdo 26%), CLL (carne de llama 26%) y T (tocino 26%) en el proceso de dosificación para la elaboración de hamburguesa con carne de llama se puede observar que no existe diferencia significativa, ya que $F_{cal} < F_{tab}$ para las variables respuesta contenido de humedad y materia grasa para una $p < 0,05$. Es decir que los factores tomados en cuenta en el proceso de dosificación no son significativos para los niveles de variación tomados en cuenta en el experimento.
- En esta situación se tomó en cuenta la composición final de una muestra (Factor CC) con el nivel más bajo de tocino 26% y hielo 16% ya que durante la realización del diseño experimental se tuvieron problemas en la formación de la masa cárnica, mostrando una apariencia más grasosa y flexible debido al alto contenido de grasa.
- Realizada la evaluación sensorial se tomó en cuenta como muestra de referencia a H01 (hamburguesa carne de res de Sofía), ya que realizado el análisis de caja y bigote tiene mayor preferencia por los jueces en los atributos sabor con una mediana de 4,5, olor con una mediana de 4, textura mediana de 4 y color mediana 4.
- Realizada la evaluación sensorial entre la muestra de referencia H01 y el producto final H056 (carne de cerdo 26%, carne de llama 26%, tocino 26% y hielo 16%), ya que realizado el análisis de torta tiene mayor preferencia por los jueces la muestra H056.

- Realizadas las propiedades físicas del producto final se tiene como peso total de 110,55g, un diámetro de 12,5 cm y un alto de 1 cm.
- Los análisis fisicoquímicos del producto final contienen 36 mg/100g calcio, 2,08% ceniza, n.d fibra, 18,85% grasa, 3,50% hidratos de carbono, 1,30 mg/100g hierro, 62,49% humedad, 16 mg/100g magnesio, 141 mg/100g potasio, 13,08% proteína total, 584 mg/100g sodio y 225,47 Kcal/100 g de valor energético.
- Los análisis microbiológicos del producto final contienen contiene $2,2 \times 10^4$ de bacterias Aerobias mesófilas, $<1,0 \times 10^1$ de coliformes fecales, $1,3 \times 10^2$ de coliformes totales, $<1,0 \times 10^1$ de Escherichia coli, $<1,0 \times 10^1$ de mohos y levaduras, ausencia de Salmonella y $<1,0 \times 10^1$ de Staphylococcus aureus.
- Según la cinética de congelación se determinó que la temperatura de congelación de la hamburguesa fue en un rango de -2°C a -7°C en un tiempo de 30 minutos y la temperatura de sub-enfriamiento se pudo determinar que fue de -14°C según fórmulas y -18°C según los datos letrados en la prueba de congelación en el LTA.

Recomendaciones

- Se recomienda seguir trabajando en el estudio de productos cárnicos que incorporen carne de llama para mejorar de alguna manera en la dieta alimentaria.
- Se recomienda implementar una pequeña planta piloto de elaboración de hamburguesa con carne de llama en el departamento de Tarija para poder ofrecer a la población otra opción de comida rápida más saludable y coadyuvar a la producción de carne de llama por sus propiedades benéficas.
- Se recomienda realizar trabajos de investigación respecto a hamburguesas, incorporando otro tipo de carnes beneficiosas para salud, ya que las hamburguesas son consumidas de manera masiva por los jóvenes.
- Se recomienda implementar equipos y maquinarias para una mejor elaboración de hamburguesas.