

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Según el código alimentario, la carne es la parte comestible de los músculos de animales sacrificados en condiciones higiénicas incluye vacas, ovejas, cerdos, caballos y camélidos sanos, declarados aptos para el consumo humano. Desde una perspectiva práctica se entiende por carne todas las partes de animales de sangre caliente, propias para el consumo humano (Guerrero, 2001).

La producción en Santa Cruz abarca el 80% de la producción total de cerdos en Bolivia, teniendo aproximadamente unas 52 mil madres registradas en SENASAG. Otro tema fue la sobre producción, de 60% producido se consumía 20% “es una traba año a año, causando los bajos precios, que si bien es bueno para la población, bajan los márgenes de competitividad”. Actualmente se sabe que el cerdo no es únicamente una carne festiva (consumida en navidad, año nuevo, carnaval, cumpleaños, etc.) sino que también son distribuidos en diferentes fábricas de alimentos cárnicos y que en cuanto a la salud es calificada como una carne bastante sana, nutritiva, deliciosa y sobre todo, más barata (Ategui, 2020).

En el departamento de Tarija la crianza de ganado porcino está concentrada en O'Connor y Gran Chaco especialmente, aunque el Valle Central de Tarija, Padcaya y Bermejo la crianza de los cerdos se realiza en granjas porcinas con mayor y mejor tecnología que la producción realizada en las provincias O'Connor y Gran Chaco (INE, 2008).

En Bolivia, la producción de productos cárnicos se lo realiza a nivel de pequeños, medianos y grandes productores, a pesar de que en el país no existe una cultura de consumo de este tipo de productos, presenta una reducida oferta de jamón y embutido porcino. Como producción local se pueden encontrar emplazamientos en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba y Tarija, que han empezado a desarrollar industrias dedicadas a la producción de productos cárnicos (Aprojat, 2011).

La Provincia Cercado de Tarija cuenta con varias empresas cárnicas procesadoras de derivados cárnicos como ser: Zav, Buen Gusto, Torito, Bandy, Aparicio y Taller de Alimentos de Ingeniería de Alimentos (U.A.J.M.S.), entre otras.

1.2 Justificación

- Debido a la gran oferta de la carne de cerdo en el mercado local hace que los precios bajen considerablemente para los productores de cerdo y esto trae la posibilidad de transformar en derivados cárnicos, como ser el enrollado de carne de cerdo.
- Así mismo, en el mercado local existen diferentes tipos de enrollado y de las cuales no cumplen en su mayoría con los requisitos mínimos del contenido de carne y además contienen grasa en su formulación a diferencia del producto que se desea elaborar que contiene mayor cantidad de carne.
- Este producto al ser un alimento de consumo rápido por la población se puede utilizar para la preparación de sándwich por diferentes snacks de comida rápida y también se lo puede utilizar para un brunch de la provincia Cercado.
- Finalmente, con este proyecto se pretende coadyuvar a mejorar los recursos económicos de los productores de carne de cerdo de la región; mediante la transformación de derivados cárnicos, como ser el enrollado de carne de cerdo.

1.3 Objetivos

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

1.3.1 Objetivo general

Proponer una metodología experimental que permita elaborar enrollado de carne de cerdo, mediante la tecnología de carnes; con la finalidad de obtener un producto de calidad en la provincia Cercado de Tarija.

1.3.2 objetivos específicos

- Determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la carne de cerdo para determinar su composición y calidad.
- Realizar evaluación sensorial a los ensayos de enrollado de carne de cerdo, para determinar la muestra con mayor aceptación.
- Aplicar el diseño experimental en la etapa de dosificación del enrollado de carne de cerdo con el fin de determinar las variables del proceso.
- Realizar evaluación sensorial para comparar la muestra experimental e ideal, con el fin de obtener la muestra con mayor aceptación.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos en el producto final, con el objetivo de establecer su calidad.
- Realizar balance de materia y energía al proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo, con la finalidad de establecer las corrientes de entrada y salida del proceso.

1.4 Objeto de estudio

Es la aplicación de la tecnología de carnes para elaborar enrollado de carne de cerdo, en el departamento de Tarija.

1.5 Campo de acción

El campo de acción del presente trabajo de investigación, se realizó en el siguiente espacio y tiempo:

- **Espacial:**
El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo en la provincia Cercado de Tarija.
- **Temporal:**
El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo durante la gestión (2023 y 2024)
- **Institución:**
El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) y en los Laboratorios Académicos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA) dependientes de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

1.6 Situación problemática

En el mercado local existe carne de cerdo y los precios están por debajo de lo normal, que trae problemas a los productores de cerdo, ya que se ven perjudicados por no recuperar la inversión realizada de la crianza de los mismos; esto trae consigo la disponibilidad de excedente de carne en el mercado local. En todo sentido el presente trabajo pretende transformar este tipo de carne en producto terminado como ser enrollado de carne de cerdo que puede ser incorporado para el consumidor final aprovechando las propiedades nutricionales que tiene esta carne con el fin de introducir al mercado local un producto para el consumo de la población en el medio local.

1.7 Formulación del problema

¿Cuál será la metodología experimental que permita elaborar enrollado de carne de cerdo, mediante la tecnología de carnes; con la finalidad de obtener un producto de calidad en la provincia Cercado de Tarija?

1.8 Hipótesis

Mediante la aplicación del proceso de transformación de carnes a nivel experimental, se obtendrá el enrollado de carne de cerdo con la finalidad de obtener un producto de calidad en la provincia Cercado de Tarija.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de productos cárnicos tratados por calor

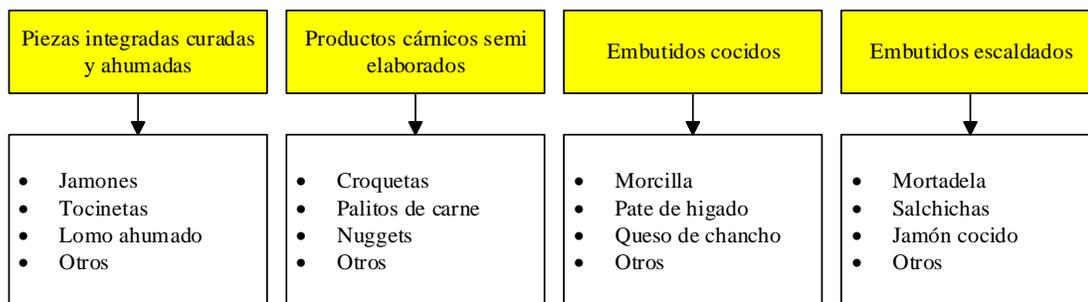
Técnica de supervivencia desde la prehistoria, la conservación de la carne se ha convertido, a lo largo de los siglos, en un tema de importancia política, económica y social a nivel mundial. La curación de los alimentos se remonta a la antigüedad, tanto en forma de carne ahumada como de carne curada de sal (Academia Lab, 2023).

Los embutidos, de origen antiquísimo, surgieron empíricamente como consecuencia de la necesidad de conservar los alimentos. Su evolución posterior, que ha dado origen a una gran variedad de productos de características bien diferenciadas, fue consecuencia de los distintos procesos de elaboración impuestos por la disponibilidad de materias primas y de las condiciones climáticas existentes. En España existe una amplia gama de embutidos que varían en cada región. Una recopilación de los más característicos puede encontrarse en el «Catálogo de embutidos y jamones curados de España», editado en 1983 por la Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Ministerio de agricultura pesca y alimentación, 1986).

El enrollado de carne de cerdo es un producto cocido, es la mezcla de carnes cortadas finamente en lonjas delgadas adicionando sal y especias. La carne es enrollada en el cuero de cerdo sometida a presión y cocción.

2.2 Clasificación de productos cárnicos tratados con calor

De acuerdo con el tipo de las materias primas utilizadas su forma de preparación y tecnología de elaboración, se distingue en cuatro clases: piezas integrales curadas y ahumadas, productos cárnicos semielaborados, embutidos cocidos y embutidos escaldados; como se muestra en la figura 2.1



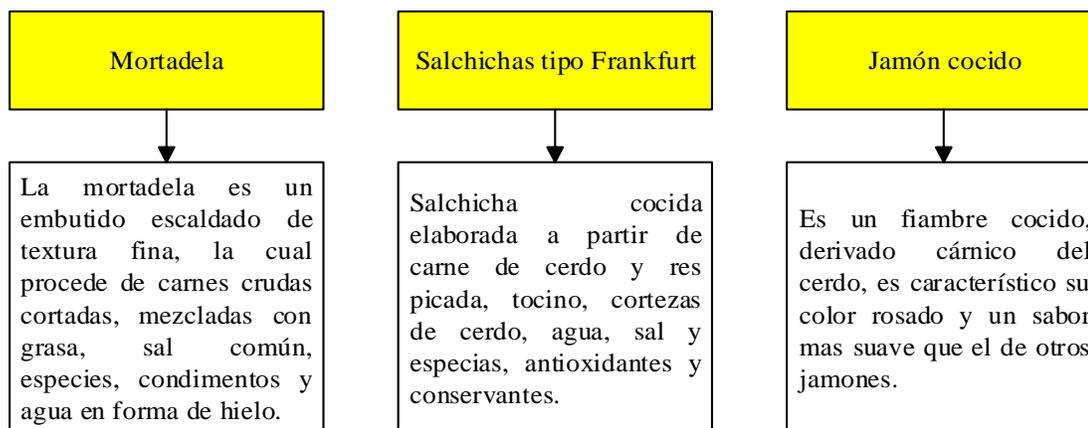
Fuente: Cabrera, 2011.

Figura 2.1: Clasificación de productos cárnicos tratados con calor.

2.2.1 Tipos de embutidos escaldados

Este tipo de embutidos se prepara a partir de carne fresca, no completamente madurada y se someten a un proceso de escaldado antes de su comercialización, con el fin de disminuir la población microbiana, favorecer la conservación y coagular las proteínas (Amerling, 2001).

Los tipos de embutidos escaldados; como se muestra en la figura 2.2



Fuente: Amerling, 2001.

Figura 2.2: Tipos de embutidos escaldados.

2.3 Composición nutricional de productos cárnicos tratados con calor

En la siguiente tabla 2.1, se detalla la composición nutricional de los embutidos.

Tabla 2.1

Composición nutricional de los embutidos curados de carne de cerdo

Alimento (cantidades por 100 g)	Solomillo de cerdo	Jamón de cerdo	Jamón curado	Salchichón	Butifarra blanca
Energía (kcal)	113-155	102-169	200-320	416-454	239-265
Agua (g)	70-74	74-77,5	55-65	34,6-41	60-63
Proteína (g)	17-21	19-20,7	22,5-30	18,1-26	10,0-15
Grasa (g)	3,2-15	3-4,5	5,9-23	36-39,2	20
Saturadas	2,0-9,0	1,1-3,5	2,0-8	12,6	6,6-6,8
Mono insaturadas	2,0-12	1,4-4,5	4,0-11	16,8	8,5-8,9
Poliinsaturadas	0,4-4,5	0,5-1,7	0,5-4,8	4,8-5,8	3
Colesterol (mg)	65-75	45-69	62-70	70-78	50-72
Carbohidratos (g)	0	0,4-0,7	0,1-0,4	1,6-2	3-5,5
Minerales (mg)					
Calcio	8,0-13	7-9,6	9,0-20	13-16	10,0-51
Hierro	1,2-1,5	1-2,1	1,5-2,3	1-2,4	1,9-2,1
Fosforo	170-230	92-268	150-233	242-260	51
Magnesio	22-25	17,5-21	17-22	10,0-14	15-40
Potasio	370-420	270-280	250	160-207	140-207
Sodio	53-76	831-970	1000-2300	1060-2100	703-1060
Zinc	1,6-2,5	0,6-2,8	2,1-2,3	1,7-1,8	

Fuente: Marine, 2010

2.4 Enrollado de carne de cerdo

El enrollado de chanco así como los quesos y charques entre otros alimentos que necesitaban conservarse frescos se los solía poner en canastones de chilka (fabricados en cuerdas entrelazadas), colgados a bastante altura en lugares aireados, y gracias a este proceso no faltaba estos preparados en los lugares (Velasco, 2001).

2.5 Materias primas en la elaboración de enrollado de carne de cerdo

Las materias primas utilizadas para la elaboración de enrollado de carne de cerdo, se detallan a continuación:

2.5.1 Carne de cerdo

La carne de cerdo es una de las más completas, tiene buenas cualidades nutricionales, es magra y muy ricas en minerales y proteínas, la mayoría de las grasas presentes son insaturadas y es rica en proteínas, potasio, hierro y selenio. Además, gracias a las nuevas tecnologías en las granjas porcinas, es una de las producciones más eficientes debido a la precocidad de los animales, su corto ciclo reproductivo y la gran capacidad de transformación de nutrientes (Martínez, 2020)

Su carne admite innumerables tipos de procesos tecnológicos y artesanales que le permiten generar un abanico de productos derivados difícilmente superable por parte de cualquier otra materia prima. Recordemos además, el acervo cultural de la tradicional “matanza” que aún se realiza en muchos puntos del medio rural español y que es una de nuestras peculiaridades históricas que tiene el cerdo, y a su carne como protagonista. La población española siempre ha tenido una conciencia sobre la carne de cerdo que ha fluctuado entre su aceptación por calidad, por sus variables formas de elaboración gastronómica en las que la plancha y la parrilla son las mejores opciones nutricionales con el “estigma” de ser una carne con un contenido graso sumamente alto y que por tanto conlleva una inadecuada proporción nutricional. Aclarar estos conceptos con el acercamiento de la educación alimentaria a la población por parte de los expertos, es la labor que nos corresponde realizar día a día sin bajar la guardia

porque las posibilidades de equivocación por parte del gran público son grandes (Sheard PR, 1998).

Tabla 2.2

Composición nutricional de la carne de cerdo

Composición	Unidad	Valor
calorías	Kcal	331,00
grasa	g	26,60
colesterol	g	70,60
sodio	mg	63,00
proteína	g	16,25
hierro	mg	1,80
calcio	mg	9,40
vitamina B1	mg	0,95
vitamina B2	mg	0,19
vitamina B3	mg	4,25
vitamina B6	mg	0,37

Fuente: NTE INEN 378, 2006

2.5.2 Cuero de cerdo

La piel se compone principalmente de proteínas, pero como todas las materias biológicas, contienen también lípidos, carbohidrato, sales inorgánicas y agua. El grupo de los lípidos comprende triglicéridos situados en las células de grasa y pequeñas cantidades de ácidos grasos, fosfolípidos y vestigios de ceras en la región del grano. Las proteínas que están formando la piel son colágeno, que contiene la mayor porción fibrosa, la elastina también es una proteína fibrosa, está en cantidad muy pequeña. La reticulina es otra proteína que se encuentra adherida al colágeno (Medina, 1991).

Además se sabe que a bajos niveles de colágeno es efectivo en la reducción del encogimiento y el control de la textura en productos cárnicos. Adicionado generalmente incrementa la firmeza y la jugosidad del producto, puede ser usado para reducir la gomosidad del producto (Jones, 1984).

El departamento de agricultura de Estados Unidos a determinado que el colágeno de cerdo es efectivo en la reducción de pérdidas durante el almacenamiento y rendimiento después de la cocción en aquellos embutidos de carne cuyas normas permiten ligadores que pueden ser productos cárnicos curados de cerdos estandarizados y productos no estandarizados de cerdo (Whiting, 1989).

2.6 Aditivos del grado alimenticio en la elaboración de enrollado

La caracterización permitirá establecer cuáles son los atributos más importantes de los aditivos que fueron utilizados al momento de elaborar el producto:

2.6.1 Sal de cura

Es el nombre comercial que les da a las sales nitrosas; en realidad es muy pequeño el porcentaje de nitritos contenidos en esta mezcla, pero suficiente para proporcionar los compuestos para el enrojecimiento y el color, actualmente las sales de cura contienen desde 4,05 % hasta 20 % de concentración de nitritos, evitándose el uso de nitritos (Naturex, 2021). Se utilizó dentro de la elaboración del producto, en el proceso de maduración del embutido para prolongar su conservación, además proporciona un sabor particular y un color rojo-rosado.

2.6.2 Emulsificante (Estabilizador)

Estabilizador es un emulsionante a base de poli fosfatos de sodio y potasio, para la fabricación de pastas finas y productos frescos. Los poli fosfatos de alta pureza utilizados en la fabricación de estabilizador garantizan la óptima extracción de las proteínas solubles de la carne recuperando de esta manera su capacidad de absorción de agua y logrando emulsiones grasas-proteína-agua, sumamente estables, aun bajo condiciones de cocción de altas temperaturas (ADITEC, 2021).

2.7 Insumos utilizados en la elaboración de enrollado de carne de cerdo

La caracterización permitirá establecer cuáles son los atributos más importantes de los insumos que fueron utilizados al momento de elaborar el producto:

2.7.1 Comino en polvo

Lo que conocemos como comino es la semilla seca de una hierba. Dicha semilla es alargada, de aproximadamente medio centímetro de largo y es extremadamente aromática y con una personalidad que la hace única. Originario de la cuenca mediterránea desde la antigüedad se utilizó para sazonar carnes (Salvatierra 2015).

2.7.2 Ajo en polvo

El ajo molido es ideal para dar sabor a nuestros platos, un producto exquisito para aderezar salsas de carne y pescado, así como para realzar el sabor de guisos y sofritos. El ajo molido se obtiene de la molienda de los frutos deshidratados y granulados el cual conserva el aroma y el sabor característico del ajo (Pedroza, 2016).

2.7.3 Cebolla en polvo

La cebolla en polvo se utiliza como condimento. Por sus aromas y sabores peculiares, se incorpora en alimentos para realizar su sabor, pero puede además ser la base de la preparación en sí. Se utiliza para preparar salsas, guisados, estofados, vinagretas y ensaladas (Wyllie, 2013).

2.7.4 Sal

La sal común (Cloruro de sodio, NaCl) es un ingrediente necesario en los productos cárnicos, pues juega un papel importante para la aceptabilidad de los productos de carne procesada, ya que tiene un efecto en su sabor, textura, suavidad y jugosidad. Especialmente en los productos cárnicos embutidos, tiene la función de extraer las proteínas miofibrilares que ayudaran a formar una buena emulsión y un buen producto final, también influencia la retención de agua, el ligado y el rendimiento de los

productos embutidos, la cantidad de la sal adicionada depende del tipo de embutido y suele variar entre (2 y 3) % en producto final (Juárez, 2020).

2.7.5 Pimienta negra en polvo

La pimienta es un producto perteneciente al segmento de las especias con propiedades aromáticas, las cuales son perfectas para realzar el sabor y perfume de los alimentos, haciéndolos mucho más apetecibles y llamativos (Babui, 2012).

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

2.8 Tipo de proceso tecnológico del enrollado

Las operaciones tecnológicas de transformación de la carne para la elaboración de enrollado de carne de cerdo, fueron; operación de madurado y operación de escaldado.

2.8.1 Maduración

En esta operación reaccionaran los aditivos e insumos agregados durante el mezclado con los componentes de la carne para producir; sabor, color, y olor del producto elaborado. Se lleva a cabo sometiendo la masa cárnica a refrigeración a temperatura entre 7 – 10 °C y por un tiempo de 12 horas (Zamora, 2018).

2.8.3 Escaldado

El escaldado es el tratamiento suave con agua caliente a 75 °C, durante un tiempo que depende del calibre del embutido. Este tratamiento de calor también puede realizarse ahumado el embutido a temperaturas elevadas. La carne que se utiliza en la elaboración de este tipo de embutidos debe tener una elevada capacidad fijadora del agua. Es preciso emplear carnes de animales jóvenes y magros, recién matados y no completamente maduras. Estas carnes permiten aumentar el poder aglutinante, ya

que sus proteínas se desprenden con más facilidad y sirven como sustancias ligantes durante el escaldado (Armerling, 2015).

CAPÍTULO III
DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1 Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del presente trabajo de investigación “Elaboración de enrollado de carne de cerdo”, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), y en los Laboratorios Académicos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA); pertenecientes a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 Tipo de intervención para la parte experimental

El presente trabajo de investigación, cuenta con una metodología para la elaboración de enrollado, utilizando una metodología experimental de laboratorio con el fin de desarrollar un producto en base a los siguientes análisis:

- Análisis fisicoquímico y microbiológico de la carne de cerdo.
- Análisis fisicoquímico y microbiológico del cuero de cerdo.
- Diseño experimental para el enrollado de carne de cerdo.
- Análisis sensorial del enrollado de carne de cerdo.
- Análisis fisicoquímico y microbiológico del enrollado de carne de cerdo.
- Operacionalización de las variables del enrollado de carne de cerdo

3.3 Paradigma positivista

El “paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico”. Por tanto, el paradigma positivista sustentara a la investigación que tiene como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica (Ricoy, 2006). Según (Ferrerres & Gonzales, 2006): “el positivismo mantiene que todo conocimiento científico se basa sobre la experiencia de los sentidos solo puede avanzarse mediante la observación y el experimento, asociados al método científico” (Pág. 1).

3.4 Enfoque de la investigación cuantitativo en la elaboración de enrollado de carne de cerdo

La investigación de tipo cuantitativo utiliza la recopilación de información para poner a prueba o comprobar la hipótesis mediante el uso de estrategias estadísticas basadas en la medición numérica, lo cual permitiría al investigador proponer patrones de comportamiento y probar los diversos fundamentos teóricos que explicarían dichos patrones (Hernández et al., 2010). Según (Dalle et al., 2005) “a partir de los supuestos positivistas, la investigación cuantitativa asume una realidad objetiva, para cuyo estudio es una condición fundamental la separación de quien investiga respecto al objeto de estudio” (Pág. 40).

3.5 Métodos – técnicas e instrumentos

Métodos y técnicas de investigación son fundamentales e indispensables para el desarrollo de un estudio de cualquier cualidad. Los métodos indican el camino que se seguirá y son flexibles, mientras que las técnicas muestran cómo se recorrerá ese camino y son rígidas (Ramos, 2009). En cuanto a instrumentos se denomina a todos los instrumentos que pueden servir para medir las variables, recopilar información con respecto a ellas o simplemente observar su comportamiento. Los instrumentos que pueden medir las características de las variables se denominan test o pruebas, a través de los datos que proporcionan los instrumentos se trata de obtener información exacta sobre el logro de los aprendizajes (Mejía, 2005).

Según (Bernal, 2008), uno de los problemas más agudos y complejos que debe enfrentar en la actualidad cualquier individuo que quiera investigar es, sin lugar a dudas, la gran cantidad de métodos, técnicas e instrumentos que existen como opciones, los cuales, a la vez, forman parte de un número ilimitado de paradigmas, posturas epistemológicas y escuelas filosóficas, cuyo volumen y diversidad desconciertan.

3.5.1 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la carne de cerdo

Los métodos y técnicas que fueron utilizados para determinar la composición fisicoquímica y microbiológica de la carne de cerdo, se detallan en la figura 3.1. Estos análisis fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.5.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico del cuero de cerdo

En la figura 3.2, se muestran los métodos y técnicas que se utilizaron para determinar la composición fisicoquímica y microbiológica del cuero de cerdo. Estos análisis fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Análisis fisicoquímico		
Parámetro	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
Análisis microbiológico		
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/g
Salmonella	NB 32007:03	P/A/25 g

Fuente: CEANID, 2023

Figura 3.1 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la carne de cerdo

3.5.3 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del enrollado de carne de cerdo

En la figura 3.3, se muestra los métodos y técnicas que se utilizaron para determinar la composición fisicoquímica y microbiológica del enrollado de carne de cerdo en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Análisis fisicoquímico		
Parámetro	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
Análisis microbiológico		
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/g
Salmonella	NB 32007:03	P/A/25 g
Bacterias aerobias	NB 32003:05	UFC/g
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/g
Coliformes totales	NB 32005:02	UFC/g

Fuente: CEANID, 2023.

Figura 3.2 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del enrollado de carne de cerdo

3.6 Descripción de equipos, instrumentos, material de laboratorio, utensilios e insumos

Durante el desarrollo de la parte experimental de la elaboración de enrollado de carne de cerdo, se utilizaron los siguientes equipos de proceso, instrumentos, materiales de laboratorios y utensilios, que se detallan a continuación:

3.6.1 Equipos de proceso para la elaboración de enrollado de carne de cerdo

Se utilizaron para el desarrollo de la parte experimental en la elaboración de enrollado de carne de cerdo:

- Cocina industrial marca DAKO, potencia 250 W y consumo GLP.
- Cámara frigorífica marca PLANAGRO, modelo Polinox y potencia 380 V.
- Fileteadora eléctrica marca MARANI, modelo 10805 0/60 y potencia ¼ Hp.
- Envasadora al vacío con una frecuencia de 50Hz, con un amperaje de 6 A y voltaje de 220V.

3.6.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio que se utilizaron en el proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo son:

- Balanza analítica de precisión con capacidad máxima de 3000 g, y potencia de 5w y de marca SYSTEL.
- pH-metro digital precisión 0,003 pH, rango de pH -2.00 a 19.99 pH y marca HORIBA.
- Bureta digital precisión 0.2, rango 0.01 – 50 ml y marca JENCONS.

3.6.3 Materiales de laboratorio

El material que utilizo durante el desarrollo del presente trabajo, son los siguientes:

- Termómetro de bulbo de mercurio 100°C.
- Espátula pequeña de acero inoxidable.

- Vaso precipitado de vidrio (50 ml.).
- Bureta (50 ml.).

3.6.4 Utensilios de cocina

- Cuchillo mediano de acero inoxidable.
- Fuentes medianas de acero inoxidable.
- Repasadores de tela de algodón.
- Cucharilla de acero inoxidable.

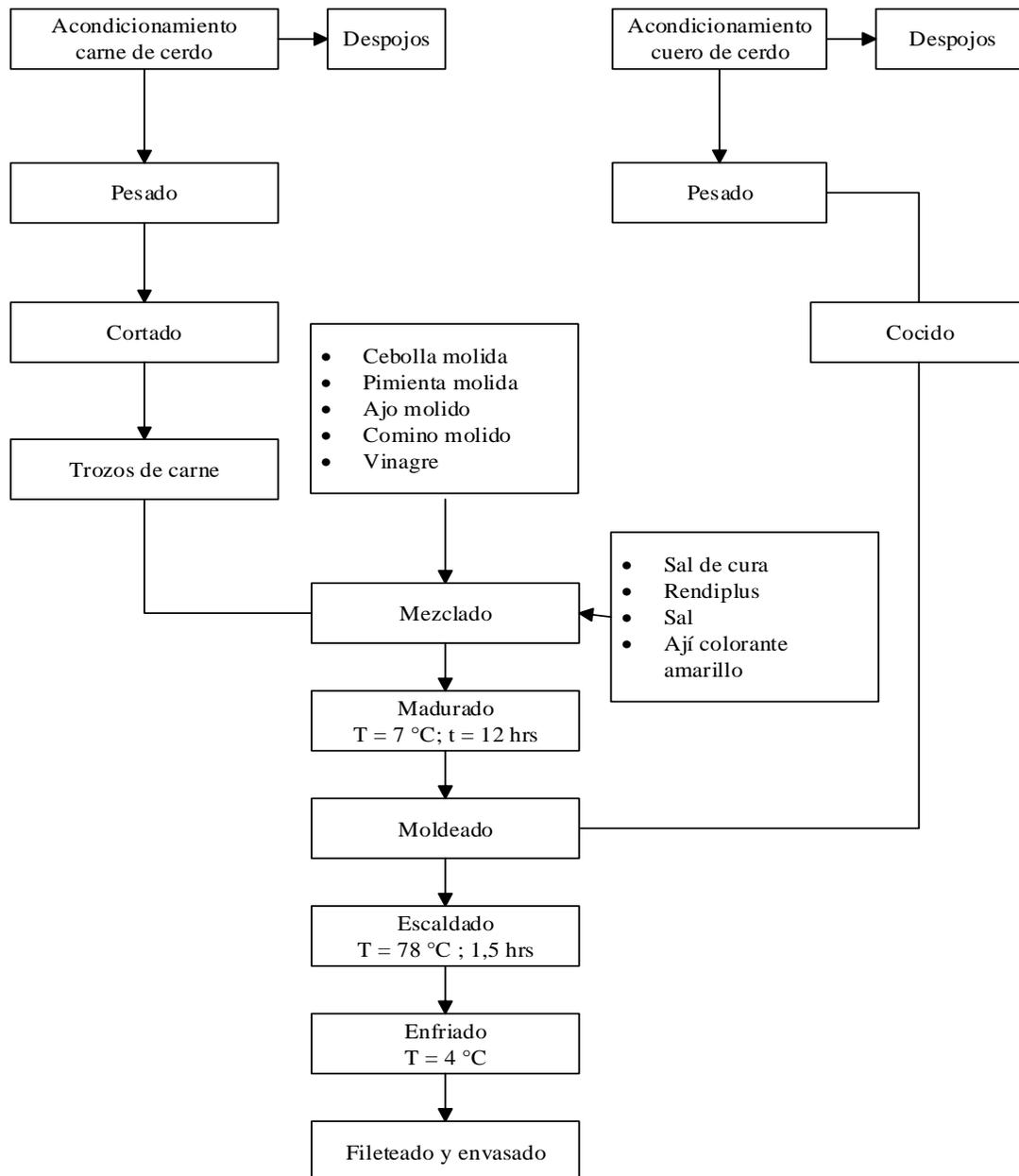
3.6.5 Insumos alimentarios

Los insumos alimentarios que se utilizarán para la elaboración de enrollado de carne de cerdo, se detalla a continuación:

- Sal de cura, Tarija – Bolivia.
- Estabilizador, Esencial Tarija – Bolivia.
- Sal común, mercado campesino de Tarija – Bolivia.
- Ají colorante amarillo en polvo, mercado campesino de Tarija – Bolivia.
- Comino en polvo, mercado campesino de Tarija – Bolivia.
- Ajo en polvo, mercado campesino de Tarija – Bolivia.
- Cebolla en polvo, mercado campesino de Tarija – Bolivia.
- Vinagre de alcohol, mercado campesino de Tarija – Bolivia.

3.7 Diagrama del proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo

En la figura 3.3 se muestra el diagrama del proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3: Diagrama del proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo

3.7.1 Descripción del diagrama de proceso de elaboración de enrollado de cerdo

Las operaciones implicadas en la elaboración de enrollado, se detallan a continuación:

3.7.1.1 Acondicionamiento de la carne de cerdo y cuero de cerdo

Se acondiciona la carne de cerdo y cuero de cerdo, quitando nervios y grasas de forma manual con un cuchillo de acero inoxidable.

3.7.1.2 Cortado de la carne de cerdo

Se procedió a cortar la carne, en pequeñas tiras largas de un espesor de un centímetro, para facilitar el curado de la carne de cerdo, teniendo en cuenta que la carne debe estar fresca y refrigerada. En la figura 3.4 se muestra el proceso de cortado de la carne de cerdo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.4: proceso de cortado de la carne de cerdo.

3.7.1.3 Mezclado

Se realizó el mezclado de la carne con los insumos (cebolla 0,97%, pimienta 0,10%, ajo 0,37%, comino 0,06, vinagre 1,16%, sal de cura 0,19%, estabilizador 0,39%, sal 0,19% y ají amarillo 0,06%), para obtener una mezcla homogénea. El proceso de mezclado, se muestra en la figura 3.5.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5: *Proceso de mezclado.*

3.7.1.4 Madurado

La masa es llevada a la cámara frigorífica a temperatura de 7 °C durante 12 horas. Se realiza con la finalidad de homogenizar los sabores en la mezcla.

3.7.1.5 Moldeado

Se realizó el estirado del cuero sobre la mesa, se colocara las tiras de carnes curadas sobre el cuero de forma ordenada, luego se procederá al enrollado del cuero con la carne curada y así colocar dentro del molde de acero inoxidable para dar consistencia y forma al producto. El proceso de moldeado, se muestra en la figura 3.6.



Fuente: Elaboración propia.
Figura 3.6: *Proceso de moldeado.*

3.7.1.6 Cocido

Luego de tenerlo ya en el molde se colocara en una olla con agua caliente hasta que el producto llegue a una temperatura de 78°C, y se lo deberá mantener constante por un periodo de 1,5 horas. El proceso de cocido, se muestra en la figura 3.7.



Fuente: Elaboración propia.
Figura 3.7: *Proceso de cocido.*

3.7.1.7 Feteado y envasado

El feteado se realizó en la fileteadora eléctrica, luego de este proceso se realizó el envasado al vacío en bolsas de polipropileno. El proceso de feteado y envasado, se muestra en la figura 3.8.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.8: Proceso de feteado y envasado

3.8 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos es una actividad que la persona realiza desde la infancia y que la lleva consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos, de acuerdo con las sensaciones experimentarlos al observarlos o ingerirlos. Esta puede definirse como el método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos que son percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído. Surge como la disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor (Lotufo, 2019).

3.9 Diseño experimental

El diseño experimental es el procedimiento de planeación y conducción de experimentos, así como la definición del análisis estadístico para evaluar los resultados, con el objetivo de tener conclusiones válidas y objetivas. El procedimiento incluye la

definición de factores a modificar, la manera de su aplicación y el número de pruebas a realizar (Mellado, 2017).

Así mismo, es 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).

3.10 Diseño factorial 2^k

El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores. Las factoriales 2^k son útiles principalmente cuando el número de factores a estudiar está entre dos y cinco, rango en el cual su tamaño se encuentra entre cuatro y 32 tratamientos (Gutiérrez & Vara, 2008).

3.10.1 Diseño factorial 2^3 en la elaboración del enrollado de carne de cerdo

Según Gutiérrez & Vara (2008) menciona “el diseño factorial 2^3 se estudian tres factores en dos niveles cada uno. Consta de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes” (Pág. 184).

La matriz de diseño se construye fácilmente alternando el signo menos y el signo más en la primera columna, dos menos y dos más en la segunda columna, y cuatro menos y cuatro más en la tercera; el diseño resulta acomodado en el orden estándar o de Yates. Con este diseño se pueden estudiar los $2^3 - 1 = 7$ efectos: tres efectos principales A, B, C; tres interacciones dobles AB, AC, BC y una interacción triple ABC. Por lo general, el interés se enfoca en estudiar los efectos principales y las interacciones (Gutiérrez & Vara, 2008).

En la tabla 3.1, se muestra la matriz experimental que se aplicó en la dosificación de la elaboración del enrollado de carne de cerdo.

Tabla 3.1

Matriz de variables para el proceso de dosificación del enrollado de carne de cerdo

Combinación	Factores			Interacciones				Respuesta	
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y _{i1}	Y _{i2}
(-1)	-	-	-	+	+	+	-	Y ₁	Y ₁
a	+	-	-	-	-	+	+	Y ₂	Y ₂
b	-	+	-	-	+	-	+	Y ₃	Y ₃
ab	+	+	-	+	-	-	-	Y ₄	Y ₄
c	-	-	+	+	-	-	+	Y ₅	Y ₅
ac	+	-	+	-	+	-	-	Y ₆	Y ₆
bc	-	+	+	-	-	+	-	Y ₇	Y ₇
abc	+	+	+	+	+	+	+	Y ₈	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.2, se muestran los niveles de variación de los factores (nivel alto y nivel bajo) a ser aplicado en la etapa de dosificación; conformado por tres variables: carne de cerdo (A), sal (B) y vinagre (C).

Tabla 3.2

Nivel de variación de los factores en la etapa de dosificación

Variabes	Unidad	Nivel alto	Nivel bajo
Porcentaje de carne de cerdo (A)	%	72,00	68,00
Porcentaje de sal (B)	%	8,00	1,30
Porcentaje de vinagre (C)	%	1,40	0,90

Fuente: Elaboración propia.

3.11 Operacionalización de variables para la elaboración de enrollado de carne de cerdo

En la tabla 3.3, se muestra el desarrollo de la operacionalización de variables para la elaboración de enrollado de carne de cerdo.

Tabla 3.3

Operacionalización de variables para la elaboración de enrollado de carne de cerdo

Hipótesis	Variable		Descripción de variable	Subvariables	Indicadores
Mediante la aplicación de la tecnología de carnes a nivel experimental, se obtendrá enrollado de carne de cerdo con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado de Tarija.	Variable independiente	Proceso de escaldado.	Operación que se utilizó para el proceso: El escaldado consiste en un tratamiento con agua caliente a 78°C, durante un tiempo que depende del tamaño del embutido (Amerling, 2001).	Dosificación	(%)
				Escaldado	°C
					Minutos
	Variable dependiente	Enrollado de carne de cerdo.	Es el embutido elaborado en base a una mezcla de carne, grasa de cerdo, especias y aditivos alimentarios sometidos o no a uno o más de los procesos tecnológicos (Conacyt, 1999).	Humedad	(%)
				Hidratos de carbono	(%)
				Proteína total	(%)
				Grasas	(%)
				Acidez	(%)
				Nitritos	(ppm)
				pH	-
Valor energético				(kcal/100g)	
Staphylococcus aureus	(UFC/g)				
Salmonella	(P/A/25g)				
Escherichia coli	(UFC/g)				

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de la carne de cerdo y cuero de cerdo

En la caracterización de la carne de cerdo y cuero de cerdo, se tomaron en cuenta los análisis fisicoquímicos y microbiológicos los cuales se detallan a continuación:

4.1.1 Análisis fisicoquímico de la carne de cerdo

En la tabla 4.1, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la carne de cerdo de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.1

Análisis fisicoquímico de la carne de cerdo

Parámetros	Unidad	Resultado
Ceniza	%	1,71
Fibra	%	n.d
Grasa	%	3,41
Hidratos de carbono	%	0,01
Humedad	%	73,60
pH	%	5,80
Proteína total (Nx6,25)	%	21,27
Valor energético	Kcal/100g	115,81

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.1, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de la carne de cerdo, presenta: ceniza 1,71 %, fibra n.d %, grasa 3,41 %, hidratos de carbono 0,01 %, humedad 73,60 %, pH 5,6 %, proteína total (Nx6,25) 21,27 % y valor energético 115,81 Kcal/100g.

4.1.2 Análisis microbiológico de la carne de cerdo

En la tabla 4.2, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la carne de cerdo de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.2*Análisis microbiológico de la carne de cerdo*

Microorganismos	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	9,4 x 10 ⁴
Coliformes fecales	UFC/g	3,7 x 10 ⁴
Salmonella	P/A/25g	Ausente

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.2, se puede observar los resultados del análisis microbiológico de la carne de cerdo presenta: coliformes totales 9,4 x 10⁴ UFC/g, coliformes fecales 3,7 x 10⁴ UFC/g y salmonella ausente.

4.1.3 Análisis fisicoquímico del cuero de cerdo

En la tabla 4.3, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del cuero de cerdo de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.3*Análisis fisicoquímico del cuero de cerdo*

Parámetros	Unidad	Resultado
Ceniza	%	0,48
Fibra	%	n.d
Grasa	%	39,56
Hidratos de carbono	%	0,00
Humedad	%	35,33
pH	%	5,40
Proteína total (Nx6,25)	%	24,71
Valor energético	Kcal/100g	454,88

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.3, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico del cuero de cerdo presenta: ceniza 0,48 %, fibra n.d %, grasa 39,56 %, hidratos de carbono 0,00 %,

humedad 35,33 %, pH 5,4 %, proteína total (Nx6,25) 24,71 % y valor energético 454,88 Kcal/100g.

4.1.4 Análisis microbiológico del cuero de cerdo

En la tabla 4.4, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico del cuero de cerdo de datos extraídos (anexo A).

Tabla 4.4

Análisis fisicoquímico del cuero de cerdo

Microorganismos	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	$4,0 \times 10^3$
Coliformes fecales	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
salmonella	P/A/25g	Ausente

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.4, se puede observar los resultados del análisis microbiológico del cuero de cerdo presenta: coliformes totales $4,0 \times 10^3$ UFC/g, coliformes fecales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g y salmonella ausente.

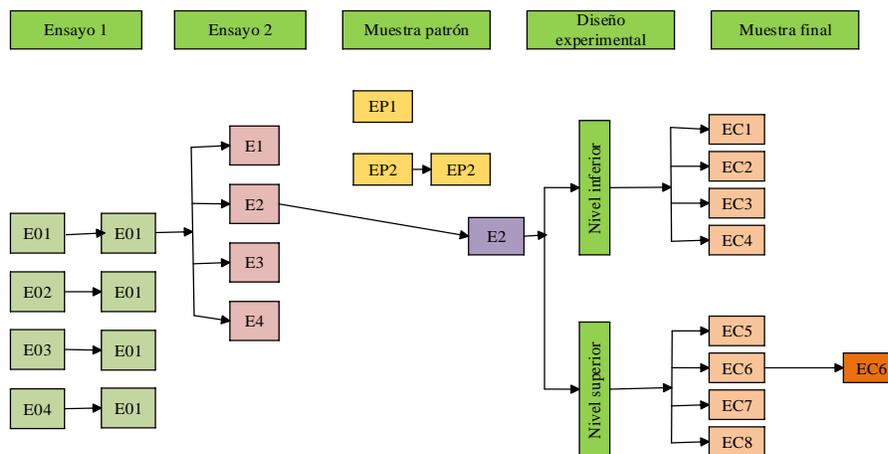
4.2 Caracterización de las variables del proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo

Para la caracterización de las variables del proceso en la elaboración de enrollado de carne de cerdo, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 Ensayos de muestras para la elaboración de enrollado de carne de cerdo

Para desarrollar la parte experimental de elaboración de enrollado de carne de cerdo, se procedió a desarrollar distintos ensayos con el fin de obtener una metodología experimental para lo cual; se tomó en cuenta la dosificación en base de enrollado (Embutidos Aparicio 2023). Para tal efecto, se procedió a desarrollar cuatro pruebas iniciales codificadas como E01, E02, E03 y E04 variando la dosificación, para las cuales se evaluaron con el personal del Taller de Alimentos (LTA). Se toma en cuenta la muestra E01 variando la dosificación de sal y condimentos se procedió a desarrollar

cuatro pruebas recodificadas como E1, E2, E3 y E4, determinando como muestra ideal E2. La figura 4.1 muestra las diferentes muestras preliminares realizadas en la parte experimental.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1: Ensayos, diseño experimental y producto final de enrollado de carne de cerdo.

2.2.2 Ensayo 1 para la elaboración de enrollado de carne de cerdo

Se realizó el ensayo 1, se desarrollaron cuatro muestras de enrollado de carne de cerdo (figura 4.1) donde se procedió a incorporar diferentes grosores de carne para cada muestra, también se varió las concentraciones de los diferentes condimentos y aditivos; como se detalla en la tabla 4.5.

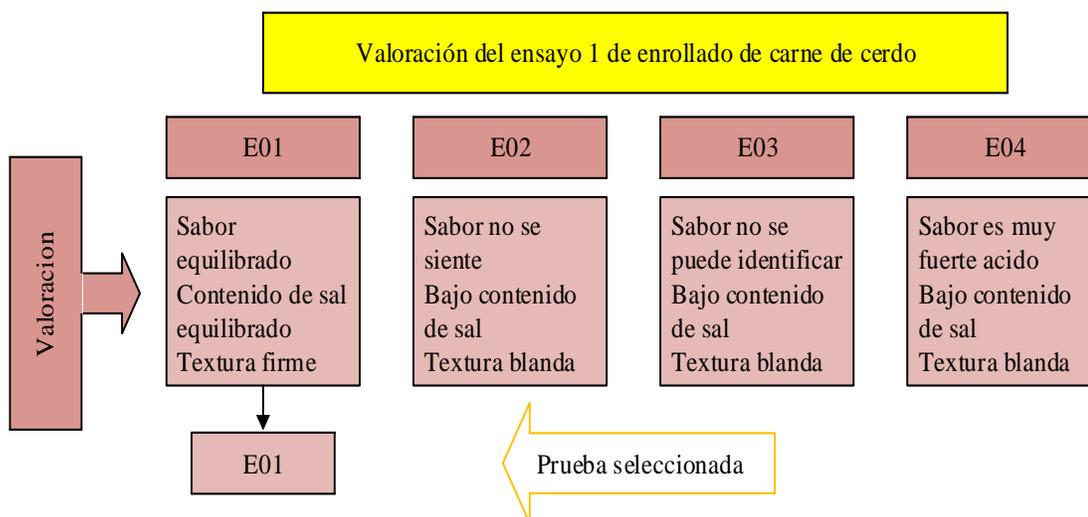
Tabla 4.5

Variación de dosificación en ensayo 1 para la elaboración de enrollado de carne de cerdo

Materia prima / insumos	Rango	Unidad
Carne de cerdo	71 – 69	%
Cuero de cerdo	27 – 25	%
Vinagre blanco	1,18 – 1,14	%
Sal de cura	0,21 – 0,17	%
Cebolla en polvo	1,00 – 0,90	%
Ajo en polvo	0,50 – 0,30	%

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.2, se muestra la valoración del ensayo 1, de acuerdo a la variación de los cortes de carne y variación de dosificación de condimentos y aditivos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Valoración de pruebas iniciales de enrollado de carne de cerdo

En la figura 4.2, se muestra la valoración realizada por el personal del Laboratorio Taller de Alimentos, donde se puede observar que la muestra (E01) fue de mayor preferencia por presentar un sabor equilibrado es la combinación de sabores básicos es decir que los condimentos están bien distribuidos, contenido de sal no se siente que tiene demasiado sal y tampoco le falta en comparación con las muestras E02, E03 y E04, que presentaron cuero duro, bajo contenido de sal y sabor algunos condimentos muy fuertes.

4.2.3 Ensayo 2, elección de la muestra ideal de enrollado de carne de cerdo

En base a la muestra E01, escogida como se detalla en la figura 4.1, se procedió a realizar cuatro muestras recodificadas como se muestra en la figura 4.3; (E1, E2, E3 y E4) con variación porcentual de condimento, con el fin de elegir la muestra ideal de enrollado de carne de cerdo.

Valoración porcentual para determinar muestra ideal			
E1 %	E2 %	E3 %	E4 %
Carne de cerdo 70,12	Carne de cerdo 70,12	Carne de cerdo 70,12	Carne de cerdo 70,12
Cuero de cerdo 26,41	Cuero de cerdo 26,41	Cuero de cerdo 26,41	Cuero de cerdo 26,41
Sal común 1,60	Sal común 1,57	Comino 0,06	Cebolla 0,97
Otros 1,87	Otros 1,90	Otros 3,41	Otros 2,50

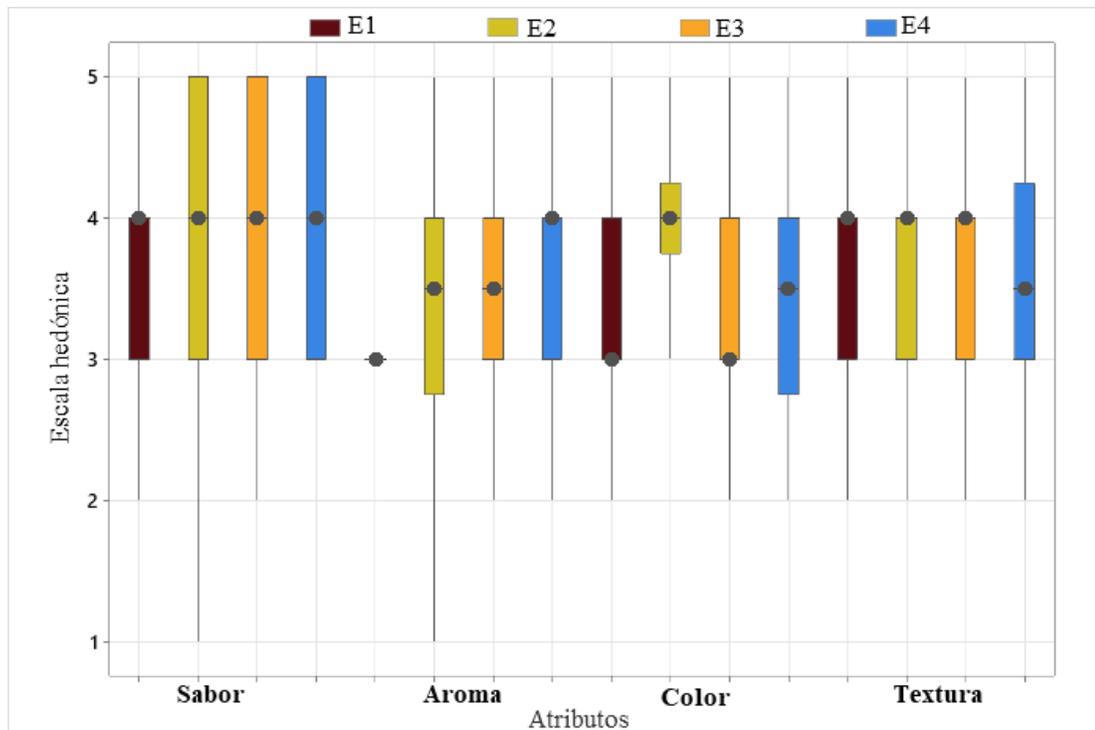
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3: Dosificación porcentual para determinar muestra ideal de enrollado de carne de cerdo.

En base a las muestras (E1, E2, E3 y E4) de la figura 4.3, fueron evaluados los atributos sensoriales sabor, aroma, color y textura, utilizando escala hedónica de cinco puntos con dieciocho jueces no entrenados y utilizando estadístico de caja y bigote.

4.2.3.1 Estadístico de caja y bigote para elegir la muestra ideal de enrollado de carne de cerdo

En la figura 4.4, se muestra el estadístico caja y bigote de datos extraídos (Anexo C), para los atributos; sabor (tabla C.1), aroma (tabla C.3), color (tabla C.5) y textura (tabla C.7).



Fuente: Elaboración propia.

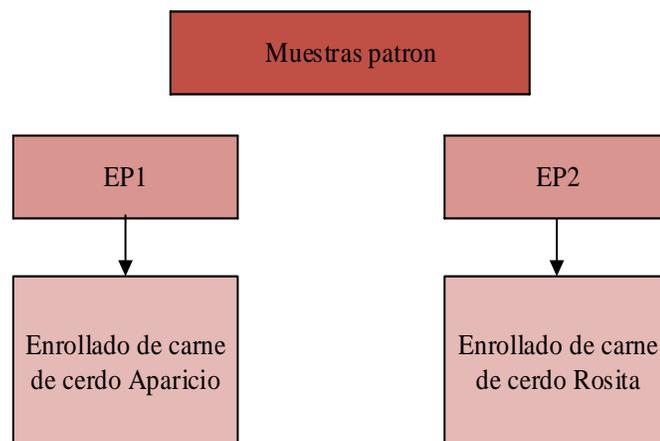
Figura 4.4: Estadístico de caja y bigote para elegir la muestra ideal de enrollado de carne de cerdo.

Según la figura 4.4, se muestra los resultados de caja bigote, se determinó que la muestra E2 para los atributos; sabor, color y textura tienen una mediana de puntuación de 4,00. Así mismo, se realizó el análisis estadístico de varianza en donde se pudo evidenciar que no existe diferencia significativa entre las muestras en función de los atributos evaluados para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Finalizada la prueba de caja y bigote, la mediana 4,00 con menor dispersión se optó por la muestra E2 como muestra elegida por los jueces como muestra ideal; ya que su sabor era más agradable, tenía mejor aroma y presentación.

4.2.4 Selección de muestra patrón de enrollado de carne de cerdo

Para seleccionar la muestra patrón de enrollado de carne de cerdo se procedió a tomar en cuenta dos muestras: las muestras fueron tomadas en el mercado bolívar y en el mercado campesino (EP1 y EP2) las cuales fueron evaluadas sensorialmente; con el fin de escoger la mejor muestra patrón de enrollado de carne de cerdo en cuanto a sabor y textura; donde se utilizaron muestras de diferentes marcas como se muestra en la figura 4.5.



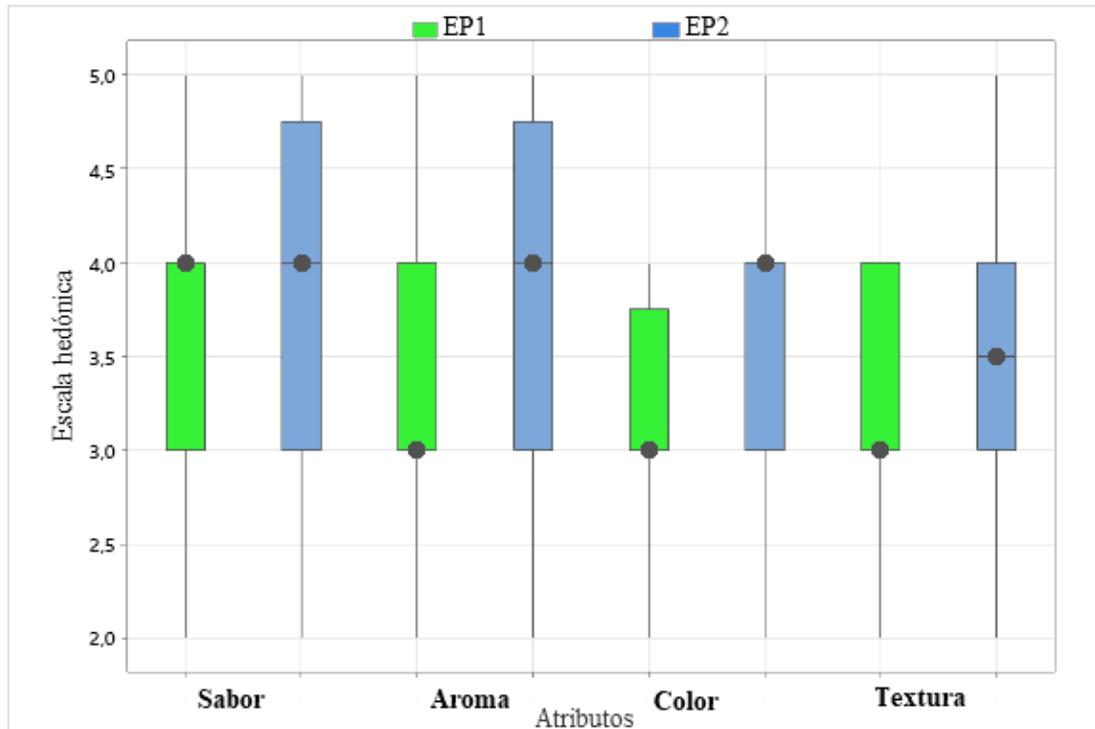
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5: Muestras patrón de enrollado de carne de cerdo.

En base a las muestras patrón de la figura 4.5, como ser (EP1 y EP2) las mismas fueron evaluadas los atributos sensoriales; sabor, aroma, color y textura, utilizando escala hedónica de cinco puntos con veinte jueces no entrenados y utilizando estadístico de caja y bigote.

4.2.4.1 Estadístico de caja y bigote para la selección de la muestra patrón de enrollado de carne de cerdo

En la figura 4.6, se muestra el estadístico caja y bigote de datos extraídos (Anexo C), para los atributos; sabor (tabla C.9), aroma (tabla C.11), color (tabla C.13) y textura (tabla C.15).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.6: Caja y bigote para la selección de la muestra patrón de enrollado de carne de cerdo.

En la figura 4.6, se puede observar los resultados de las medianas en función de los atributos para las muestras evaluadas de acuerdo a lo siguiente: sabor 4,0 (EP1 y EP2); aroma 3,0 (EP1), 4,0 (EP2); color 3,0 (EP1), 4,0 (EP2) y textura 3,0 (EP1), 3,5 (EP2). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza no existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3 Diseño experimental en el proceso de dosificación del enrollado de carne de cerdo

En base a la formulación de la muestra ideal E2, se procedió experimentalmente a realizar el diseño factorial 2^3 (tabla 3.1) en la etapa de dosificación para elaborar enrollado de carne de cerdo en el cual se tomó como variables respuestas, pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad.

4.3.1 Variable respuesta pH en la etapa de dosificación del enrollado de carne de cerdo

Para aplicar el diseño experimental, se tomaron en cuenta como variables independientes; los porcentajes de carne de cerdo (A), sal común (B), vinagre (C) y como variable respuesta el pH del enrollado de carne de cerdo, para lo cual se utilizó el método de potenciometría, como se detalla en el (Anexo D-1).

En base al diseño experimental aplicando en la etapa de dosificación, se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta pH (tabla 4.6) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados obtenidos (Anexo E-1) del (Anexo E).

Tabla 4.6

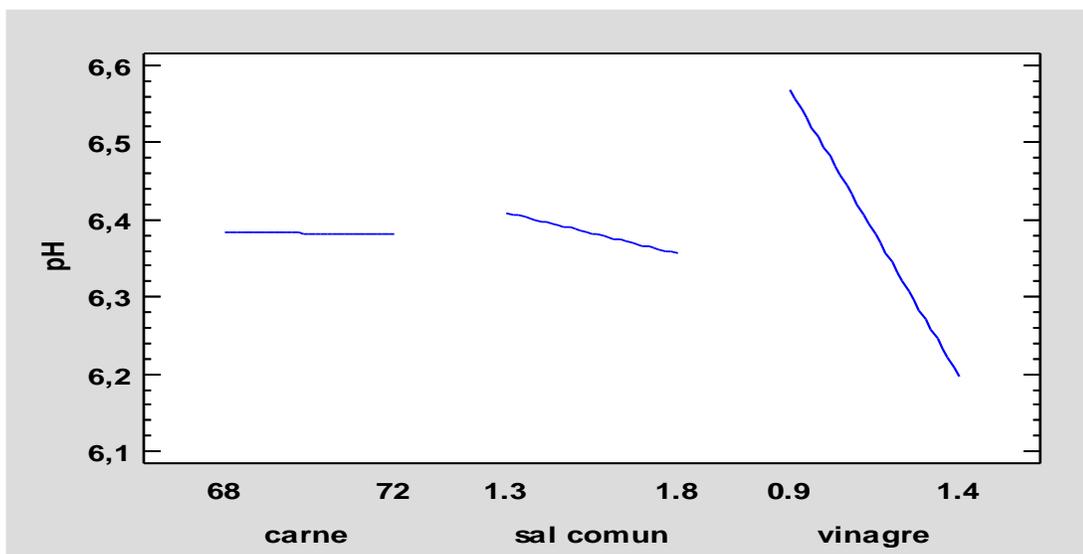
Análisis de variación en función de la variable respuesta pH

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (Gl)	Cuadrado medio (CM)	Fcal	Ftab
A: Carne	0,000025	1	0,000025	0,00	5,32
B: Sal común	0,011025	1	0,011025	0,80	5,32
C: Vinagre	0,555025	1	0,555025	40,18	5,32
AB	0,000000	1	0,000000	0,00	5,32
AC	0,025600	1	0,025600	1,85	5,32
BC	0,036100	1	0,036100	2,61	5,32
ABC	0,024025	1	0,024025	1,74	5,32
Error total	0,110500	8	0,013812	–	–
Total	0,762300	15	–	–	–

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (tabla 4.6), se observan que los factores (A y B) e interacciones (AB, AC, BC y ABC), no existe diferencia significativa ya que $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada. Sin embargo, en el factor (C) si existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.7, se muestran los efectos principales para los factores; A (carne de cerdo), B (sal común) y C (vinagre) con relación a la variable respuesta pH.

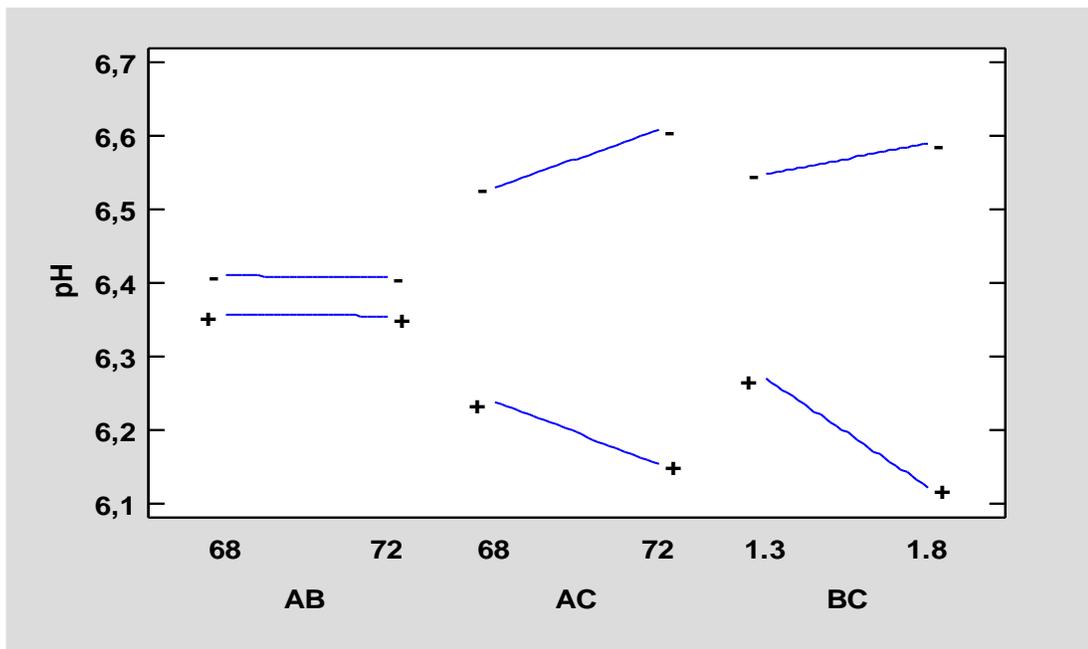


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Efectos principales de la variable respuesta pH

Según la figura 4.7, se puede observar que el factor vinagre (0,9 – 1,4) %, incide significativamente en la variable pH cuando se encuentra en su nivel alto y bajo, en cuanto a los factores carne de cerdo (68 - 72) %, y sal común (1,3 – 1,8) % no inciden significativamente en el pH cuando se encuentra en su nivel alto y bajo.

En la figura 4.8, se muestra la interacción para los factores AB (carne de cerdo – sal común), AC (carne de cerdo – vinagre), BC (sal común - vinagre), en función a la variable respuesta pH.

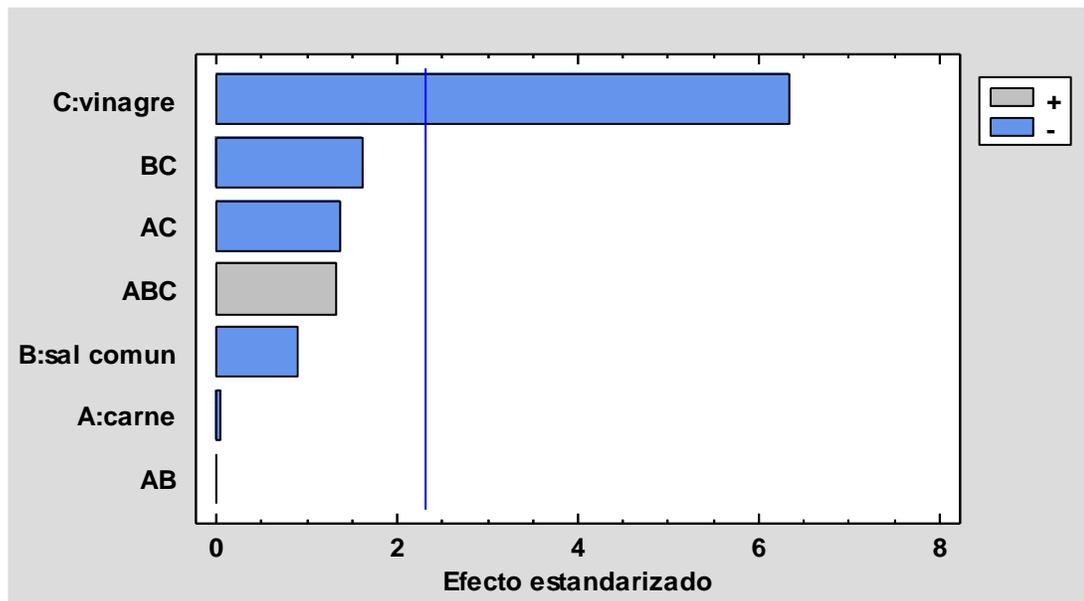


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Interacciones de factores de la variable respuesta pH

En la figura 4.8 se puede observar que las interacciones, AB (carne de cerdo – sal común), AC (carne de cerdo - vinagre) y BC (sal común – vinagre), estando en su nivel alto y bajo no son significativas, ya que los factores de las variables no interactúan entre sí.

En la figura 4.9, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con valor de 2,30 de tal manera si las barras graficas exceden la línea de referencia indican que son significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Diagrama de Pareto estandarizada para pH

En la figura 4.9, se puede observar que el factor C (vinagre) es estadísticamente significativo debido que cruza la línea de referencia y los factores B (sal común), A (carne de cerdo) e interacciones BC (sal común – vinagre), AC (carne de cerdo – vinagre), ABC (carne de cerdo – sal común – vinagre) y AB (carne de cerdo – sal común) no sobrepasan la línea de referencia, por tanto, no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.2 Variable respuesta acidez (ácido láctico) en la etapa de dosificación del enrollado de carne de cerdo

Para aplicar el diseño experimental, se tomaron en cuenta como variables independientes; los porcentajes de carne de cerdo (A), sal común (B), vinagre (C) y como variable respuesta acidez (ácido láctico) del enrollado de carne de cerdo, para lo cual se utilizó el método de titulación, como se detalla en el (anexo E.2).

En base al diseño experimental aplicando en la etapa de dosificación, se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta acidez (tabla 4.7) en el programa estadístico

Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados obtenidos se detallan en el (Anexo E.2) del (Anexo E).

Tabla 4.7

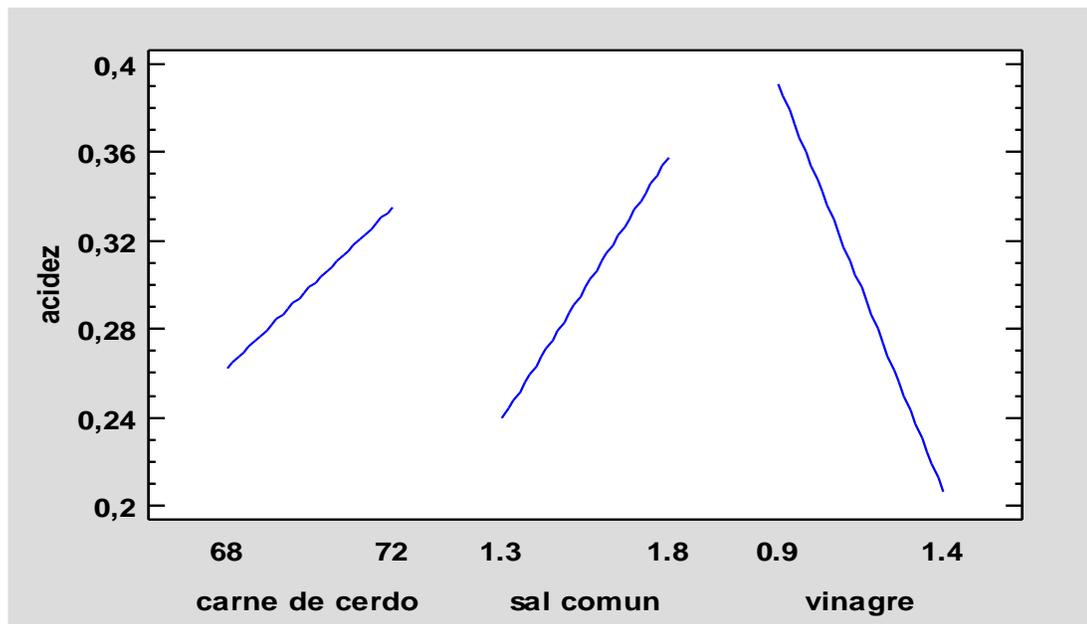
Análisis de varianza en función de la variable respuesta acidez (ácido láctico)

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (Gl)	Cuadrado medio (CM)	Fcal	Ftab
A: Carne	0,021025	1	0,021025	0,24	5,32
B: Sal común	0,055225	1	0,055225	0,62	5,32
C: Vinagre	0,136900	1	0,136900	1,54	5,32
AB	0,046225	1	0,046225	0,52	5,32
AC	0,016900	1	0,016900	0,19	5,32
BC	0,067600	1	0,067600	0,76	5,32
ABC	0,072900	1	0,072900	0,82	5,32
Error total	0,710600	8	0,088825	–	–
Total	1,127380	15	–	–	–

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (tabla 4.7), se observa que; para los factores (A, B C) e interacciones (AB, AC, BC y ABC), no existe diferencia significativa ya que $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.10, se muestra los efectos principales para los factores; A (carne de cerdo), B (sal común) y C (vinagre) con relación a la variable respuesta acidez (ácido láctico).

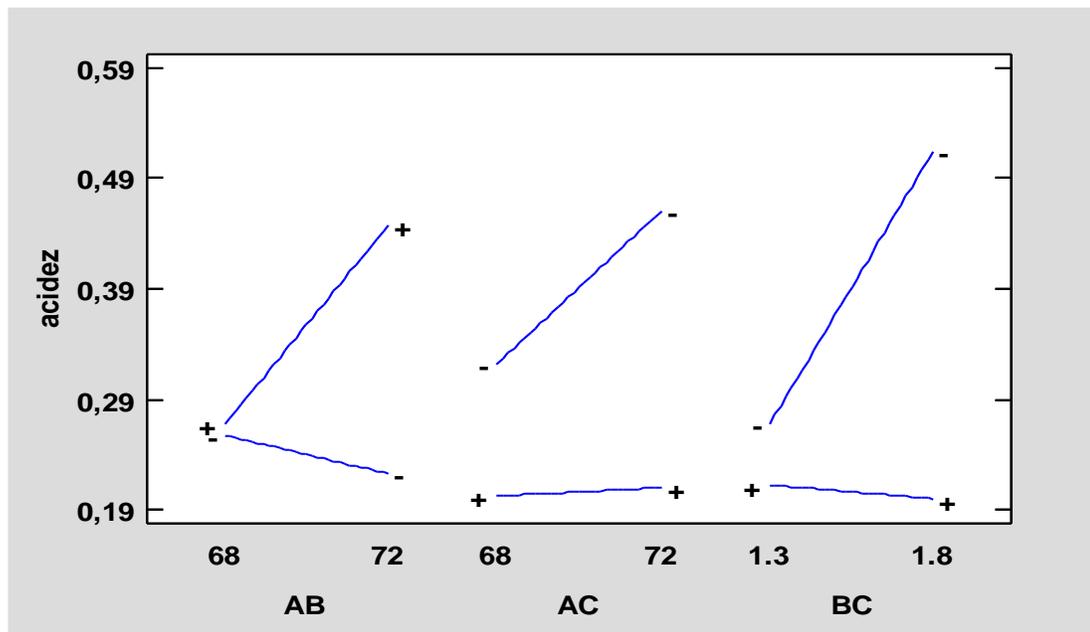


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.10: Efectos principales para la acidez (ácido láctico).

Según la figura 4.10, se puede observar que los factores: sal común (1,3 – 1,8) % y vinagre (0,9 – 1,4) % inciden significativamente en la variable acidez cuando se encuentran en su nivel alto y bajo; mientras que el factor carne de cerdo (68 – 72) % no incide significativamente en la acidez cuando se encuentra en su nivel alto y bajo.

En la figura 4.11, se muestra la gráfica de interacciones: AB (carne de cerdo – sal común), AC (carne de cerdo – vinagre) y BC (sal común – vinagre), para la variable respuesta acidez.

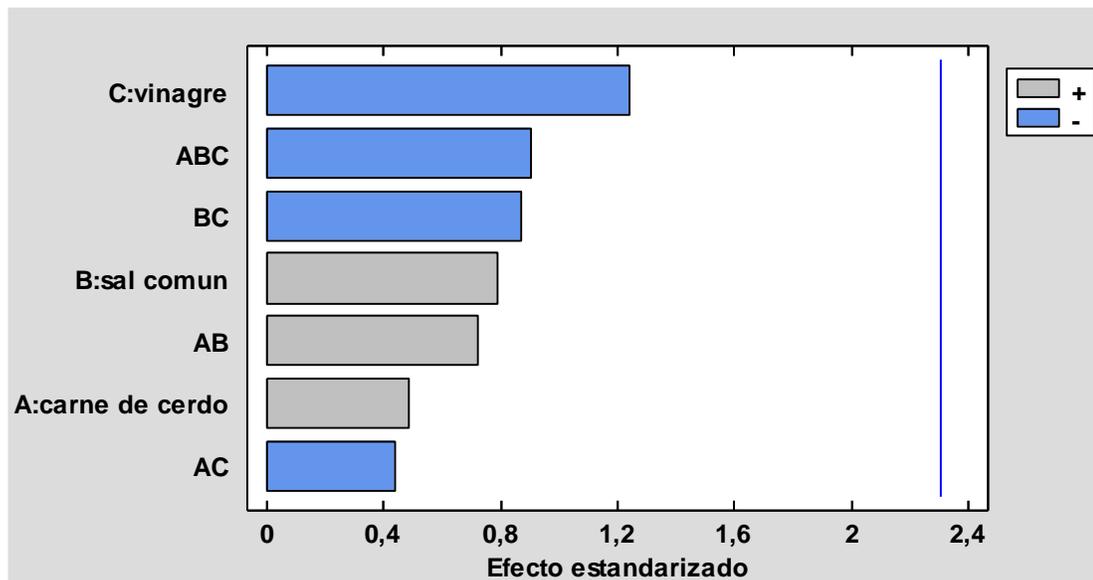


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.11: Interacciones de factores para acidez (ácido láctico).

En la figura 4.11, se puede observar que las interacciones; AB (carne de cerdo – sal común), AC (carne de cerdo – vinagre) y BC (sal común – vinagre), estando en su nivel alto y bajo no son significativas, ya que los factores de las variables no interactúan entre sí.

En la figura 4.12, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con valor de 2,30 de tal manera si las barras graficas exceden la línea de referencia indican que son significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.12: Diagrama de Pareto estandarizada para la acidez (ácido láctico).

En la figura 4.12, se puede observar que tanto los factores: C (vinagre), B (sal común), A (carne de cerdo) e interacciones: ABC (carne de cerdo – sal común – vinagre), BC (sal común – vinagre), AB (carne de cerdo – sal común) y AC (carne de cerdo – vinagre) no sobrepasan la línea vertical de referencia, por tanto, no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.3 Variable respuesta de contenido de humedad en la etapa de dosificación del enrollado de carne de cerdo

Para aplicar el diseño experimental, se tomaron en cuenta como variables independientes; los porcentajes de carne de cerdo (A), sal común (B), vinagre (C) y como variable respuesta humedad del enrollado de carne de cerdo, para lo cual se utilizó el método de secado en estufa, como se detalla en el (anexo E.3).

En base al diseño experimental aplicando en la etapa de dosificación, se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta humedad (tabla 4.8) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados obtenidos se detallan en el (Anexo E.3) del (Anexo E).

Tabla 4.8

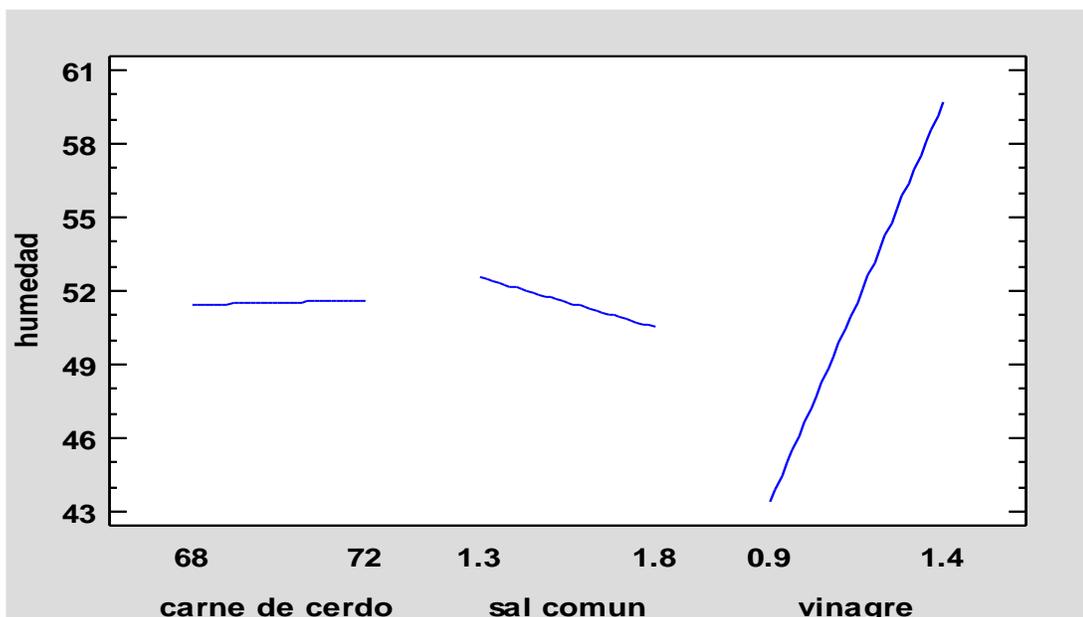
Análisis de varianza en función a la variable respuesta contenido de humedad

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GI)	Cuadrado medio (CM)	Fcal	Ftab
A: Carne	0,1540	1	0,1540	0,00	5,32
B: Sal común	16,1403	1	16,1403	0,29	5,32
C: Vinagre	1060,3200	1	1060,3200	19,30	5,32
AB	154,1940	1	154,1940	2,81	5,32
AC	12,1976	1	12,1976	0,22	5,32
BC	20,6798	1	20,6798	0,38	5,32
ABC	239,5530	1	239,5530	4,36	5,32
Error total	439,6060	8	54,9508	–	–
Total	1942,8400	15	–	–	–

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (tabla 4.8), se puede observar que los factores A y B e interacciones AB, AC, BC y ABC, no existe diferencia significativa; ya que $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada. Sin embargo, en el factor C existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.13, se muestra los efectos principales para los factores A (carne de cerdo), B (sal común) y C (vinagre) con relación a la variable respuesta humedad.

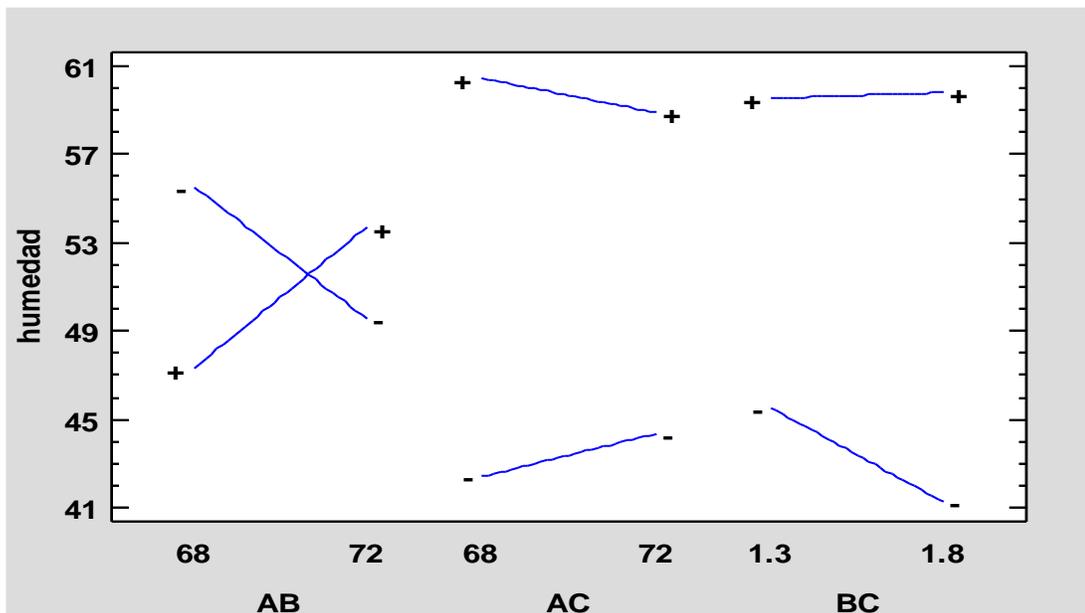


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.13: Efectos principales para el contenido de humedad.

Según la figura 4.13, se puede observar que el factor vinagre (0,9 – 1,4) % incide significativamente en la humedad cuando se encuentra en su nivel alto y bajo, en cuanto a los factores carne de cerdo (68 – 72) %, sal común (1,3 – 1,8) % no inciden significativamente en la humedad cuando se encuentra en su nivel alto y bajo.

En la figura 4.14, se muestra la gráfica de interacciones: AB (carne de cerdo – sal común), AC (carne de cerdo – vinagre) y BC (sal común – vinagre) para la variable respuesta humedad.

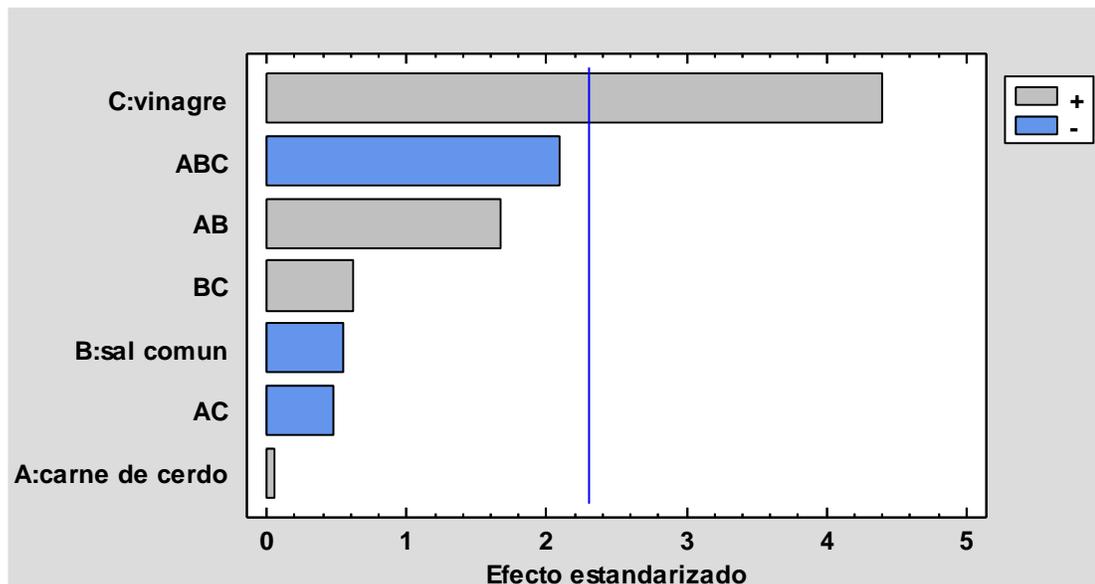


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.14: Interacciones de factores para el contenido de humedad.

En la figura 4.14, se puede observar que la interacción AB (carne de cerdo – sal común), estando en su nivel alto y bajo es significativa debido a que los factores de las variables interaccionan entre sí. Sin embargo, en las interacciones: AC (carne de cerdo – vinagre) y BC (sal común – vinagre), estando en su nivel alto y bajo no son significativos, ya que los factores de las variables no interaccionan entre sí.

En la figura 4.15, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con valor de 2,30 de tal manera si las barras graficas exceden la línea de referencia indican que son significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.15: Diagrama de Pareto estandarizada para el contenido de humedad.

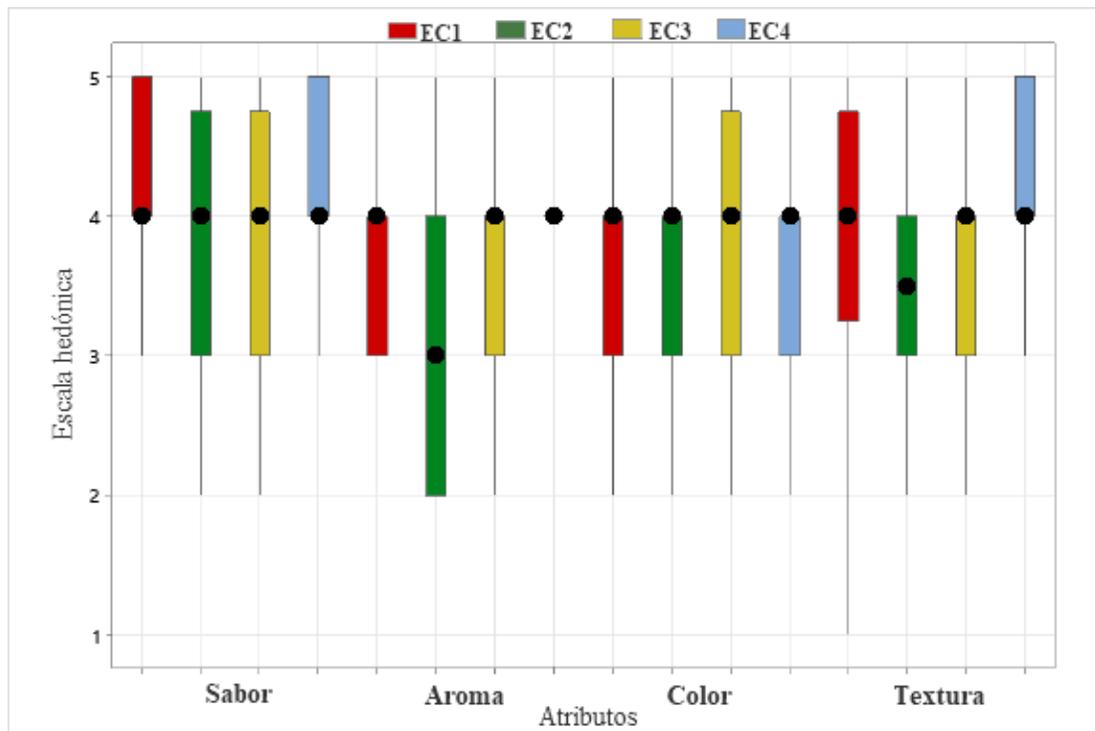
En la figura 4.15, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde el factor C (vinagre), es estadísticamente significativo debido a que pasa la línea de referencia, los factores: B (sal común) y A (carne de cerdo), e interacciones: ABC (carne de cerdo – sal común – vinagre), AB (carne de cerdo – sal común), BC (sal común – vinagre) y AC (carne de cerdo – vinagre), no sobrepasan la línea de referencia, por tanto, no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

4.3.4 Evaluación sensorial de muestras experimentales de enrollado de carne de cerdo

Para realizar la evaluación sensorial de las ocho muestras experimentales de enrollado de carne de cerdo, se procedió a evaluar las muestras en función de la variable solución salmuera (B) de su nivel alto y bajo. Con la finalidad de complementar el diseño experimental y corroborar los efectos de los factores tomados en cuenta; así mismo, obtener la muestra final de enrollado de carne de cerdo.

4.3.4.1 Estadístico de caja y bigote para la solución salmuera del diseño experimental en el nivel inferior

En la figura 4.16, muestra los estadísticos de caja y bigote de datos extraídos (Anexo C), para atributo sabor, aroma, color y textura.



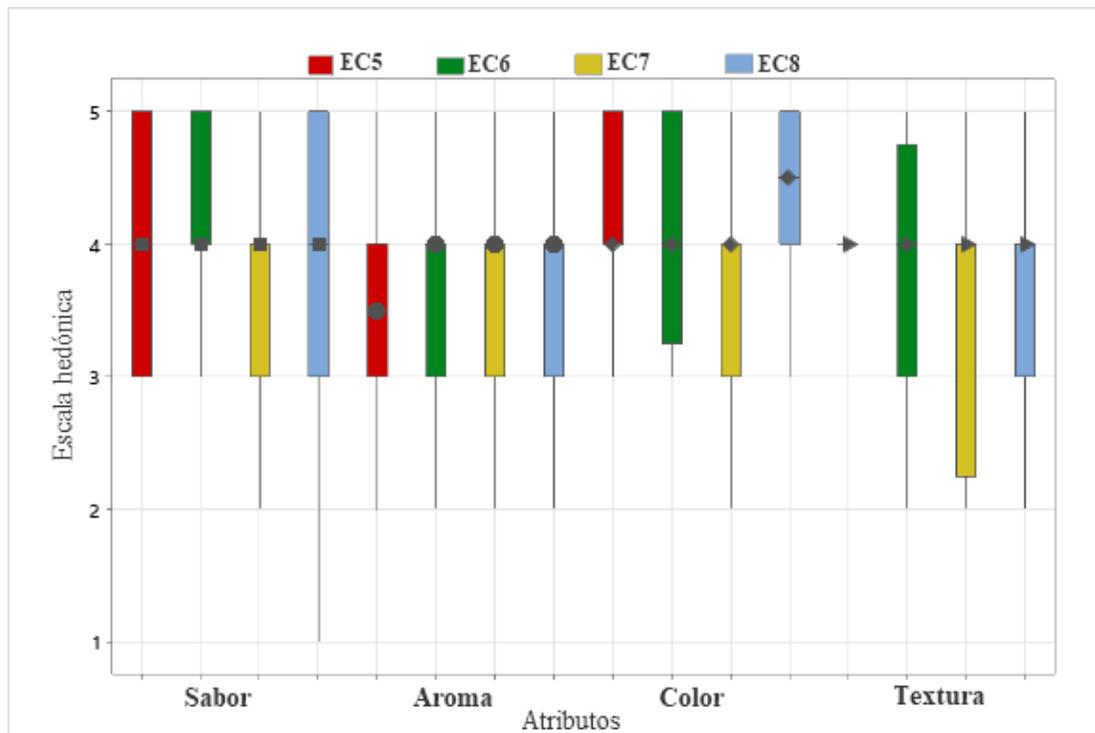
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.16: Caja y bigote para atributos en el diseño experimental nivel inferior.

Según la figura 4.16, se puede observar los resultados en función de las medianas para los atributos de las muestras evaluadas; sabor 4,0 (EC1, EC2, EC3 y EC4); aroma 4,0 (EC1, EC3 y EC4), 3,0 (EC2); color 4,0 (EC1, EC2, EC3 y EC4); textura 4,0 (EC1, EC3 y EC4), 3,5 (EC2). Así mismo, se realizó el análisis estadístico de varianza en donde se pudo evidenciar que no existe diferencia significativa entre las muestras en función de los atributos evaluados para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.4.2 Estadístico de caja y bigote para solución salmuera del diseño experimental en el nivel superior

En la figura 4.17, se muestra el estadístico caja y bigote de datos extraídos (Anexo C), para atributo sabor, aroma, color y textura.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.17: Caja y bigote para atributos en el diseño experimental nivel superior.

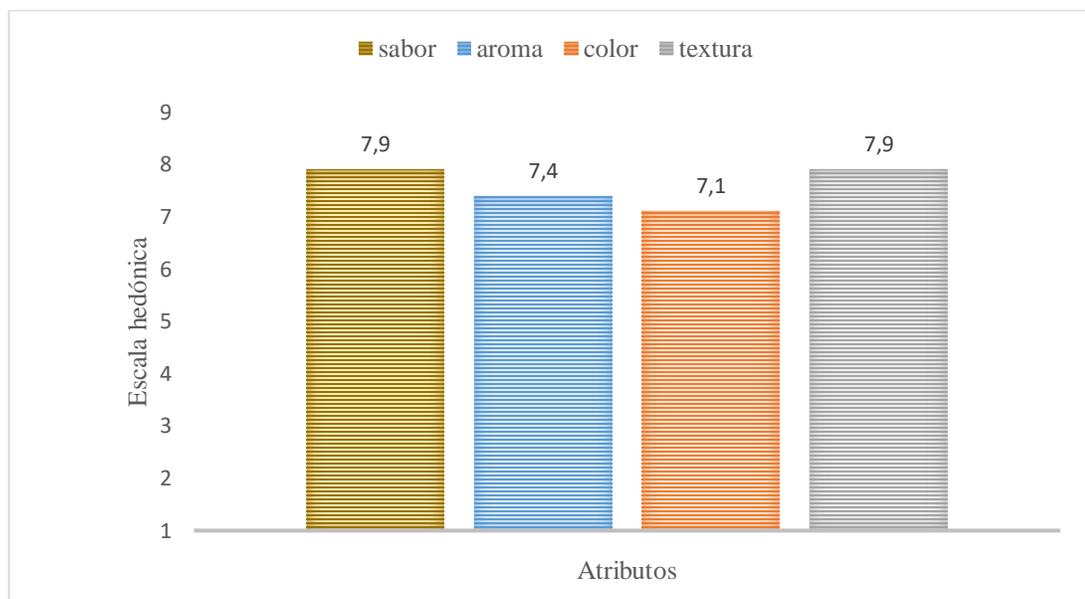
En la figura 4.17, se puede observar que los resultados en función de la mediana para los atributos; (4,0) sabor, aroma, color y textura en la muestra EC6. Así mismo, se realizó el análisis estadístico de varianza en donde se pudo evidenciar que no existe diferencia significativa entre las muestras en función de los atributos evaluados para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Por lo tanto, teniendo así como muestra seleccionada EC6.

En función de las medianas y la preferencia de los jueces al finalizar la evaluación sensorial, se procedió a elegir la muestra EC6 como la muestra final del diseño

experimental, ya que presenta la mayor mediana en atributo sabor en comparación con las demás muestras.

4.4 Análisis de varianza del producto terminado del enrollado de carne de cerdo

En la figura 4.18, se muestra los atributos extraídos de los valores promedio del (Anexo C), para atributos sabor, aroma, color y textura (tabla C.33) de la muestra evaluada, (EC6). Para llevar a cabo dicha valoración, se hizo uso de un test de escala hedónica (1 – 9), con el objetivo de analizar la muestra final.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.18: Análisis de varianza del producto terminado de enrollado de carne de cerdo.

Según la figura 4.18, se puede observar los valores promedio en función a los atributos de la muestra evaluada sabor (7,9), aroma (7,4), color (7,1) y textura (7,9). Así mismo se realizó el análisis estadístico de varianza en donde se pudo evidenciar que si existe diferencia estadística entre los atributos para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

4.5 Caracterización del producto final de enrollado de carne de cerdo

En la caracterización del producto terminado enrollado de carne de cerdo, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del enrollado de carne de cerdo.

4.5.1 Análisis fisicoquímico del enrollado de carne de cerdo

En la tabla 4.9, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del enrollado de carne de cerdo de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.9

Análisis fisicoquímico del enrollado de carne de cerdo

Parámetros	Unidad	Resultado
Ceniza	%	1,75
Fibra	%	n.d
Grasa	%	10,64
Hidratos de carbono	%	0,11
Humedad	%	64,44
pH		5,80
Proteína total (Nx6,25)	%	23,06
Valor energético	Kcal/100g	188

Fuente: CEANID, 2024

En la tabla 4.9, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico del enrollado de carne de cerdo, presenta: ceniza 1,75 %, fibra n.d, grasa 10,64 %, hidratos de carbono 0,11 %, humedad 64,44 %, pH 5,80, proteína total (Nx6,25) 23,06 % y valor energético 188 Kcal/100 g.

4.5.2 Análisis microbiológico del enrollado de carne de cerdo

En la tabla 4.10, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico del enrollado de carne de cerdo de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.10*Análisis microbiológico del enrollado de carne de cerdo*

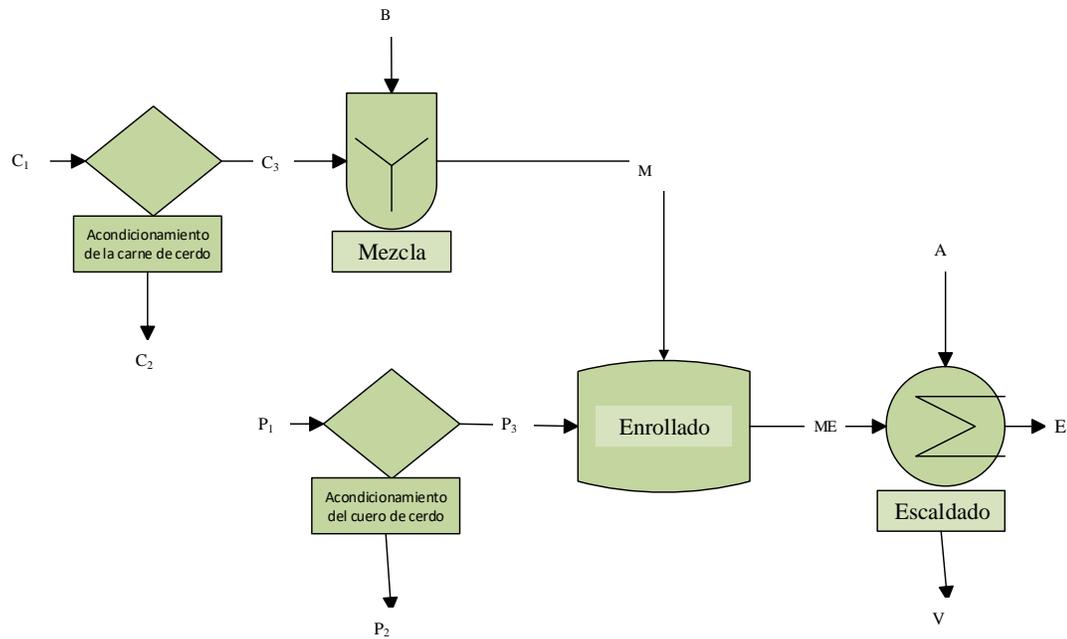
Microorganismos	Unidad	Resultado
Bacterias aerobias mesofilas	UFC/g	$6,0 \times 10^2$
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1(*)$
<i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1(*)$

Fuente: CEANID, 2024

En la tabla 4.10, se puede observar los análisis microbiológicos del enrollado de carne de cerdo, presenta: Bacterias aerobias mesófilas $6,0 \times 10^2$ UFC/g, *Escherichia coli* $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g y *Staphylococcus aureus* $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g.

4.6 Balance de materia en el proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo

El balance de materia del proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo, se realizó para una base de cálculo de 1000g de carne, y para su resolución se realizó de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 4.19.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.19: Balance para la elaboración de enrollado de carne de cerdo.

Donde:

C_1 = Carne de cerdo (g)

C_2 = Despojos de carne de cerdo (g)

C_3 = Carne de cerdo acondicionada (g)

P_1 = Cuero de cerdo (g)

P_2 = Despojos de cuero de cerdo (g)

P_3 = Cuero de cerdo acondicionada (g)

B = Condimentos (g)

M = Masa mezclada (g)

ME = Masa enrollado (g)

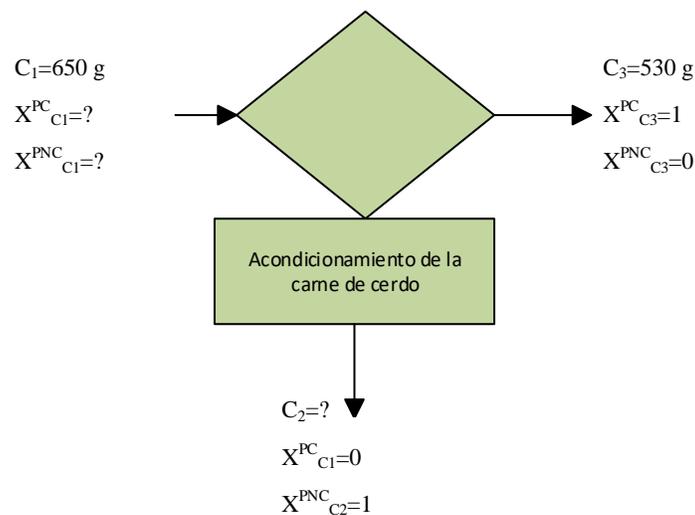
A = Agua para el escaldado (g)

V = Vapor de agua (g)

E = Enrollado de carne de cerdo (g)

4.6.1 Balance de materia en la etapa de acondicionamiento de carne de cerdo

En la figura 4.20, se muestra la etapa de acondicionamiento de carne de cerdo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.20: Etapa de acondicionamiento de carne de cerdo.

Balance de materia global en la etapa de acondicionamiento de carne de cerdo:

$$C_1 = C_2 + C_3$$

Ecuación 4.1

$$C_2 = 650 - 530$$

$$C_2 = 120 \text{ g despojos de carne de cerdo}$$

Balance parcial para la porción comestible en la etapa de acondicionamiento de carne de cerdo

$$C_1 (X_{C1}^{PC}) = C_2 (X_{C2}^{PC}) + C_3 (X_{C3}^{PC}) \quad \text{Ecuación 4.2}$$

$$C_1 (X_{C1}^{PC}) = C_3 (X_{C3}^{PC})$$

$$X_{C1}^{PC} = \frac{C_3 (X_{C3}^{PC})}{C_1}$$

$$X_{C1}^{PC} = \frac{530*1}{650}$$

$X_{C1}^{PC} = 0,81$ % de porción comestible de carne de cerdo.

Balance parcial para la porción no comestible en la etapa de acondicionamiento de carne de cerdo

$$C_1 (X_{C1}^{PNC}) = C_2 (X_{C2}^{PNC}) + C_3 (X_{C3}^{PNC}) \quad \text{Ecuación 4.3}$$

$$C_1 (X_{C1}^{PNC}) = C_2 (X_{C2}^{PNC})$$

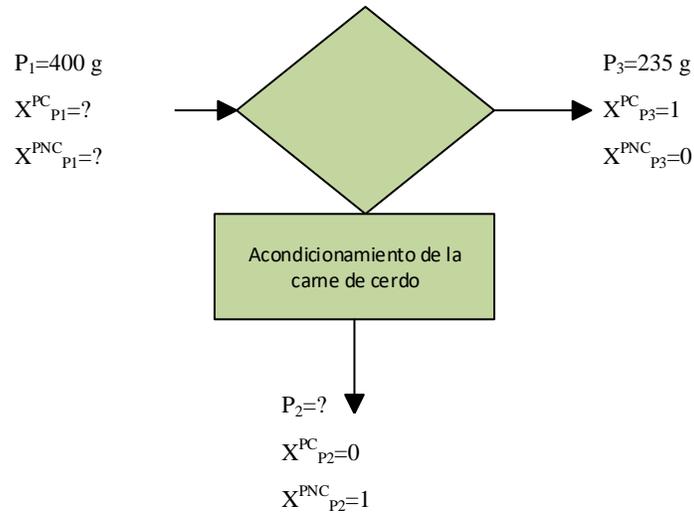
$$X_{C1}^{PNC} = \frac{C_2 (X_{C2}^{PNC})}{C_1}$$

$$X_{C1}^{PNC} = \frac{120*1}{650}$$

$X_{C1}^{PNC} = 0,19$ % de porción no comestible de carne de cerdo.

4.6.2 Balance de materia en la etapa de acondicionamiento del cuero de cerdo

En la figura 4.21, se muestra la etapa de acondicionamiento del cuero de cerdo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.21: Etapa de acondicionamiento del cuero de cerdo.

Balance de materia global en la etapa de acondicionamiento del cuero de cerdo

$$P_1 = P_2 + P_3$$

Ecuación 4.4

$$P_2 = 400 - 325$$

$P_2 = 75\text{ g}$ despojos del cuero de cerdo.

Balance parcial para la porción comestible en la etapa de acondicionamiento de cuero de cerdo

$$P_1 (X_{Q1}^{PC}) = P_2 (X_{Q2}^{PC}) + P_3 (X_{Q3}^{PC})$$

Ecuación 4.5

$$P_1 (X_{P1}^{PC}) = P_3 (X_{P3}^{PC})$$

$$X_{P1}^{PC} = \frac{P_3 (X_{P3}^{PC})}{P_1}$$

$$X_{P1}^{PC} = \frac{325 \cdot 1}{400}$$

$X_{P1}^{PC} = 0,81\%$ de porción comestible de cuero de cerdo acondicionada.

Balance parcial para la porción no comestible en la etapa de acondicionamiento de cuero de cerdo

$$P_1 (X_{P1}^{PNC}) = P_2 (X_{P2}^{PNC}) + P_3 (X_{P3}^{PNC}) \quad \text{Ecuación 4.6}$$

$$P_1 (X_{Q1}^{PNC}) = P_2 (X_{P2}^{PNC})$$

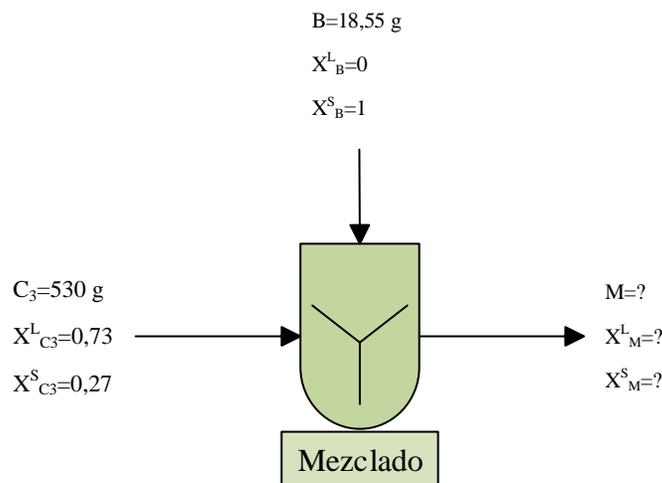
$$X_{P1}^{PNC} = \frac{P_2 (X_{Q2}^{PNC})}{P_1}$$

$$X_{Q1}^{PNC} = \frac{75 \cdot 1}{400}$$

$X_{Q1}^{PNC} = 0,19$ % de porción no comestible de despojos de cuero de cerdo.

4.6.3 Balance de materia en la etapa de mezclado

En la figura 4.22, se muestra la etapa de mezclado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.22: Etapa de mezclado.

Balance de materia global en la etapa de mezclado

$$M = B + C_3$$

Ecuación 4.7

$$M = 18,55 + 530$$

$M = 548,55$ g de masa mezclada.

Balance parcial por contenido de humedad en la etapa de mezclado

$$M (X_M^L) = B (X_B^L) + C_3 (X_{C3}^L) \quad \text{Ecuación 4.8}$$

$$M (X_{M1}^L) = C_3 (X_{C3}^L)$$

$$X_M^L = \frac{C_3 (X_{C3}^L)}{M}$$

$$X_M^L = \frac{530 \cdot 0,73}{548,55}$$

$X_M^L = 0,70$ % de contenido de humedad.

Balance parcial en solidos solubles en la etapa de mezclado

$$M (X_M^S) = B (X_A^S) + C_3 (X_{C3}^S) \quad \text{Ecuación 4.9}$$

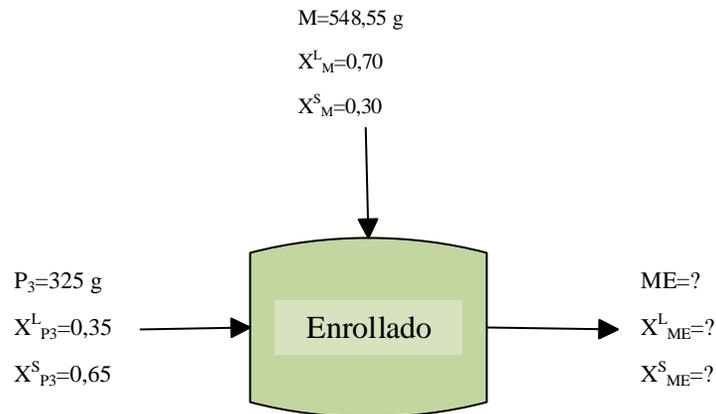
$$X_M^S = \frac{A (X_B^S) + C_3 (X_{C3}^S)}{M}$$

$$X_M^L = \frac{18,55(1) + 530(0,27)}{548,55}$$

$X_M^L = 0,30$ % de contenido de solidos solubles.

4.6.4 Balance de materia en etapa de enrollado

En la figura 4.23, se muestra la etapa de mezclado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.23: Etapa de enrollado.

Balance de materia global en la etapa de enrollado

$$ME = M + P_3 \quad \text{Ecuación 4.10}$$

$$M = 548,55 + 325$$

$M = 873,55$ g de enrollado de carne de cerdo.

Balance parcial por contenido de humedad en la etapa de enrollado

$$ME (X_{ME}^L) = P_3 (X_{P_3}^L) + M (X_M^L) \quad \text{Ecuación 4.11}$$

$$X_{ME}^L = \frac{M (X_M^L) + P_3 (X_{P_3}^L)}{M}$$

$$X_{ME}^L = \frac{548,55(0,70) + 325(0,35)}{873,55}$$

$X_M^L = 0,57$ % de contenido de humedad.

Balance parcial en sólidos solubles en la etapa de mezclado

$$M (X_M^S) = A (X_A^S) + C_3 (X_{C_3}^S) \quad \text{Ecuación 4.12}$$

$$X_M^S = \frac{A(X_A^S) + C_3(X_{C3}^S)}{M}$$

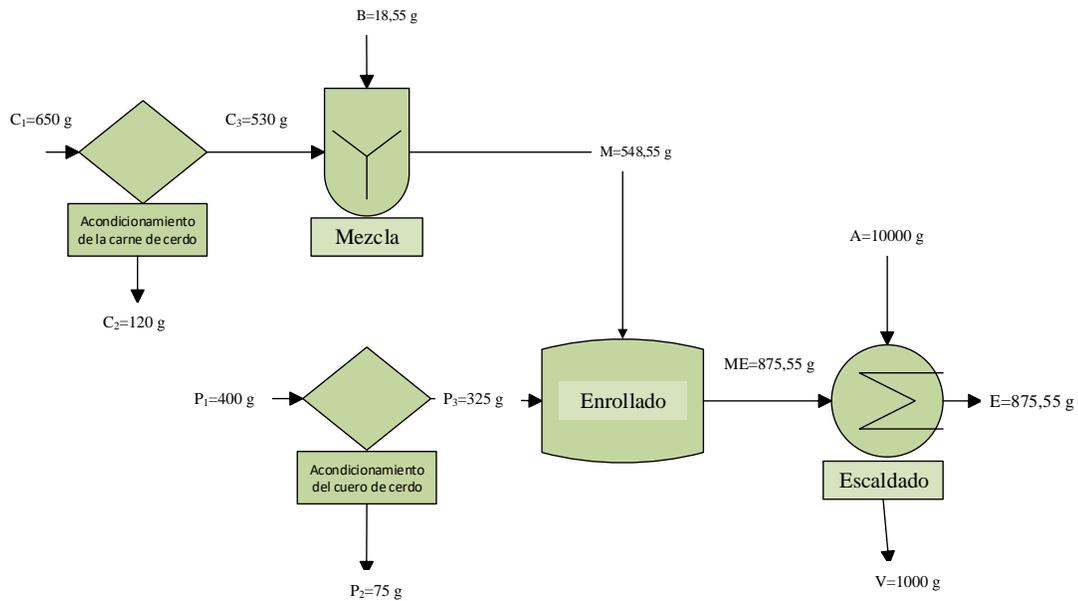
$$X_M^L = \frac{18,55(1) + 530(0,27)}{548,55}$$

$X_M^L = 0,30$ % de contenido de solidos solubles.

- En la etapa de escaldado no se realizó el balance de materia ya que el valor del producto no se modifica, por esta razón el peso de producto terminado es igual a 875,55 g.

4.6.5 Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo

En la figura 4.24, Se muestra el resumen de los resultados obtenidos del balance general de materia en el proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.24: Resumen del balance de materia en el proceso de elaboración de enrollado de carne de cerdo.

4.6.6 Balance de energía para la elaboración de enrollado de carne de cerdo

Según (Lewis, 1993) se muestra la deducción del balance general de energía para procesos de transferencia de calor:

$$L_1(\cancel{\xi C_1} + \cancel{\xi P_1} + \mu_1 + P_{V1}) + Q = L_2(\cancel{\xi C_2} + \cancel{\xi P_2} + \mu_2 + P_{V2}) = T + 2F + \frac{d\theta y}{d\theta}$$

$$L_1(\mu_1 + P_{V1}) + Q = L_2(\mu_2 + P_{V2})$$

$$L_1(H_1) + Q - L_2(H_2) = 0$$

$$\cancel{L_1(H_2 - H_1)} = \cancel{Q}$$

$$Q = L_1 \Delta H$$

$$\Delta H = C_p \Delta H$$

$$Q = L_1 C_p \Delta H$$

Ecuación 4.13

Según (Lewis, 1993), el principio de conservación de la energía está dado por:

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$- Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$- \sum Q_{cedido} = \sum Q_{ganado}$$

$$Q_T = Q_{cedido} + Q_{ganado}$$

Ecuación 4.14

Para calcular el calor latente en los cambios de fase según (Lewis, 1993) es:

$$Q_1 = \Delta H L = L * \lambda$$

Ecuación 4.15

Para el cálculo del balance de energía en las diferentes etapas de la elaboración de enrollado de carne de cerdo, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Según (Lewis, 1993), manifiesta que: si se conoce la composición fisicoquímica del alimento se puede utilizar para calcular las capacidades caloríficas, como se detalla en la ecuación 4.19, de tal forma, en el presente trabajo se determinó el Cp de enrollado de carne de cerdo:

$$C_p = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A$$

Ecuación 4.16

Donde:

X_W = Fracción en peso del agua

X_C = Fracción en peso de carbohidratos

X_P = Fracción en peso de proteína

X_F = Fracción en peso de grasa

X_A = Fracción en peso de cenizas

Las capacidades caloríficas en función a la composición fisicoquímica de los alimentos se detallan en la tabla 4.11.

Tabla 4.11

Las capacidades caloríficas en función a la composición de los alimentos

Calor específico	Valor 1 KJ/Kg°C	Valor 2 KJ/Kg°C
CW (agua)	4,18	4,18
CC (carbohidratos)	1,40	1,22
CP (proteína)	1,60	1,90
CF (grasa)	1,70	1,90
CA (ceniza)	0,80	0,00

Fuente: Lewis, 1993

En la tabla 4.12, se observa los resultados de la composición fisicoquímica del enrollado de carne de cerdo de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.12***Resultados de la composición fisicoquímico del enrollado de carne de cerdo***

Parámetros	Unidad	Resultado
Ceniza	%	1,75
Grasa	%	10,64
Hidratos de carbono	%	0,11
Humedad	%	64,44
Proteína total (Nx6,25)	%	23,06

Fuente: CEANID, 2024

Para la determinación del calor específico del enrollado de carne de cerdo C_p , se tomó en cuenta la ecuación 4.19, citado por (Lewis, 1993):

Según el S.I (Sistema Internacional de Unidades) el valor de 1 KJ = 0,23884 Kcal mencionado por (Marques & Marcal, 1991).

$$C_p = X_w C_w + X_c C_c + X_p C_p + X_f C_f + X_a C_a$$

$$C_p = 0,6473 * 0,9983512 + 0,0011 * 0,334376 + 0,2306 * 0,382144 + 0,1064 * 0,406028 + 0,0175 * 0,191072$$

$$C_p = 0,7812 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \text{ calor específico del enrollado de carne de cerdo.}$$

En la tabla 4.13, se puede observar la capacidad calorífica del agua, aluminio y del acero inoxidable.

Tabla 4.13***Capacidad calorífica de aluminio, acero inoxidable agua***

Capacidad calorífica	Unidad	Valor
Aluminio	kcal/kg $^\circ$ C	0,22
Acero inoxidable	kcal/kg $^\circ$ C	0,12
Agua	kcal/kg $^\circ$ C	1,00

Fuente: Lewis, 1993

En la tabla 4.14, se puede observar las entalpias de vaporización en función a la temperatura para el agua saturada.

Tabla 4.14

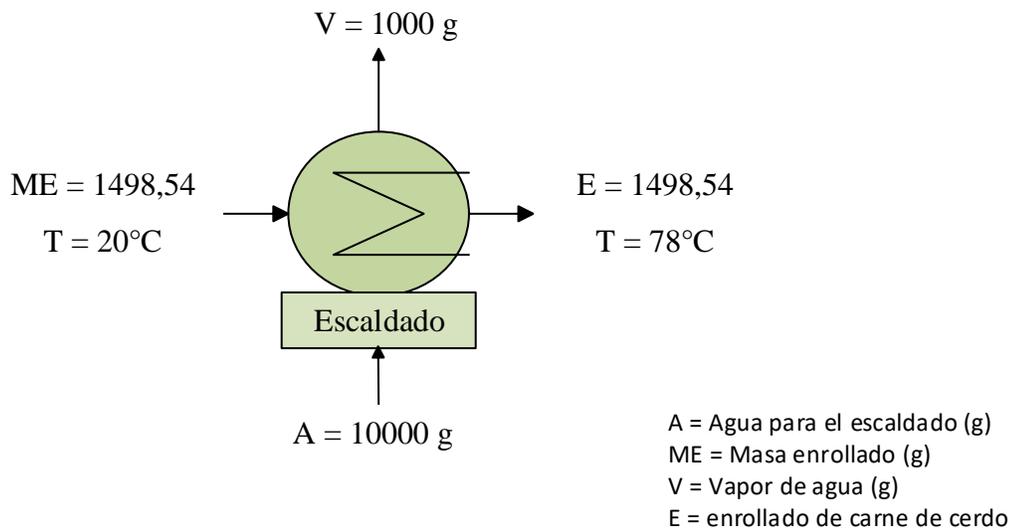
Entalpias de vaporización del agua saturada

Temperatura (°C)	Unidad	Entalpia de vaporización
75	kcal/kg°C	554,1
85,4	kcal/kg°C	548

Fuente: Lewis, 1993

4.6.9 Balance de energía en la etapa de escaldado del enrollado de carne de cerdo

En la figura 4.25, se muestra el proceso de balance de energía en la etapa de escaldado del producto final.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.25: Etapa del escaldado del enrollado de carne de cerdo.

$$Q = m_{ME} * C_{pA} * (T_f - T_i) + m_{AE} * \lambda_v \quad \text{Ecuación 4.20}$$

$$Q = 1,49854 \text{ kg} * 0,7812 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (78 - 20) ^\circ\text{C} + 1 \text{ kg} * 554,10 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$Q = 621,998 \text{ kcal}$$

Para el calor requerido para calentar la olla, se tomó en cuenta la ecuación 4.21

Datos:

$$m_{olla} = 1,340 \text{ Kg}$$

$$Q_{olla} = m_{olla} * C_{p_{olla}} * (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación 4.21}$$

$$Q_{olla} = 1,340 \text{ kg} * 0,22 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (78 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{olla} = 17,098 \text{ kcal}$$

$$E = 0,0214 \text{ kcal.}$$

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Para el presente trabajo experimental elaboración de enrollado de carne de cerdo y según datos obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- En base a los análisis fisicoquímicos de la carne de cerdo, presenta: ceniza 1,71 %, fibra 0,00 %, grasa 3,41 %, hidratos de carbono 0,01 %, humedad 73,60 %, proteína total (Nx6,25) 21,27 % y valor energético 115,81 kcal/100g.
- En base al análisis microbiológico de la carne de cerdo presenta: coliformes fecales $3,7 \times 10^4$ UFC/g y coliformes totales $9,4 \times 10^4$ UFC/g.
- En base a los análisis fisicoquímicos del cuero de cerdo, presenta: ceniza 0,48 %, fibra 0,00 %, grasa 39,56 %, hidratos de carbono 0,00 %, humedad 35,33 %, proteína total (Nx6,25) 24,71 % y valor energético 454,88 kcal/100g.
- En base al análisis microbiológico del cuero de cerdo presenta: coliformes fecales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g y coliformes totales $4,0 \times 10^3$ UFC/g.
- Realizando la evaluación sensorial para muestra patrón de enrollado de carne de cerdo de dos muestras (EP1 y EP2) de diferentes marcas donde no existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Así mismo, en función de las medianas de la evaluación sensorial se tomó en cuenta la muestra EP2.
- Realizando las pruebas, se obtuvo como muestra ideal de enrollado de carne de cerdo la muestra E2 para los atributos sabor 4 y textura 4; por lo tanto, esto indica que el 50 % de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de al menos de 4 en una escala de cinco puntos.

- Aplicando el diseño factorial 2^3 en el análisis de varianza para las variables respuesta pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad en la dosificación, no influye significativamente al $\alpha = 0,05$.
- Realizando una evaluación sensorial en el nivel inferior y nivel superior, los jueces determinaron que la muestra final es la muestra EC6 en atributo sabor tiene una mediana de puntuación 4; por lo tanto, esto indica que el 50 % de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de al menos 4 en una escala de cinco puntos.
- Realizado una evaluación sensorial a la muestra final proveniente del diseño EC6, para los atributos color, aroma, sabor y textura presenta un valor promedio de 7,9; por tanto, esto indica que el 50 % de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de al menos 7,0 en una escala de nueve puntos.
- En base a los resultados fisicoquímicos del enrollados de carne de cerdo, presenta: ceniza 1,75 %, grasa 10,64 %, hidratos de carbono 0,11 %, humedad 64,44 %, proteína total (Nx6,25) 23,06 % y valor energético 188 kcal/100g.
- En base a los resultados microbiológicos del enrollado de carne de cerdo, presenta: bacterias aerobias mesófilas $6,0 \times 10^2$ UFC/g, escherichia coli $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g y staphylococcus aureus $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda seguir trabajando en el estudio de elaboración de productos cárnicos con la carne de cerdo, con el fin de ofrecer más variedad a la población.
- Se recomienda realizar talleres de elaboración de productos cárnicos para ayudar al productor de cerdos con el fin de generar mayores ingresos para sus hogares.
- Se recomienda realizar trabajos de investigación respecto a este tipo de producto para el consumo de la población.