

1.1 ANTECEDENTES

La carne de cerdo, es una de las carnes más consumidas en el mundo; algunas religiones la consideran un alimento prohibido, es además una de las más aprovechadas; porque se utiliza casi todo el cuerpo del animal.

La producción mundial de carne de porcino presenta el siguiente crecimiento en la última década: En el periodo 2001- 2011 la producción de carne en el mundo creció a una tasa media anual de 1.7%. Durante 2011, la producción mundial de carne totalizó 101.7 millones de toneladas, que en su relación con 2010 representa una caída del 1.2%. Sin embargo, para el 2012, se incremento a 104.4 millones de toneladas de carne de cerdo, lo que representa un crecimiento del 2.7%.

En la actualidad se prefiere productos que cumplan los requisitos que el consumidor está demandando, desde la calidad bromatológica y nutritiva, organoléptica, hasta la calidad social. Otros de los aspectos cualitativos que está siendo muy demandado en los últimos años, es que la carne o el producto transformado proceda de animales pertenecientes a una raza autóctona, propiciando al desarrollo de áreas locales donde se producen los animales.

Esta carne es un buen aliado de la salud dentro de una alimentación equilibrada y variada, según los diferentes estudios científicos que definen la composición y nutriente.

En Bolivia existe producción de ganado bovino y avícola; pero existe en menor cantidad ganado porcino, ya que el cerdo es un animal que no presenta muchos problemas para hacerlo producir, como ocurre en las otras especies de animales, bastará un poco de cuidado en su alimentación y salud para que éste responda con eficiencia, siendo un animal prolífero; ya que posee una alta capacidad de transformación de los pastos y de los alimentos de baja calidad.

La producción de cerdos ocupa el tercer lugar de importancia en el país en consumo de carne, ya que en los últimos años se ha notado un incremento en la producción con tecnología desarrollándose en los llanos orientales, el chaco, valles y los yungas (MDRyT, 2011).

Los beneficios que aporta a la nutrición humana el consumo de carne de cerdo son varios. En primer lugar, el cerdo es una valiosa fuente de proteínas y aminoácidos esenciales que los seres humanos tienen que obtener de fuentes externas, dado que no los pueden sintetizar.

En la tabla 1.1, se observa el número de cabezas existentes en Bolivia de ganado porcino por departamento para el año 2011.

Tabla 1.1
Población de ganado porcino en Bolivia

Departamentos	Número de cabezas
Chuquisaca	539169
La paz	356636
Cochabamba	220820
Oruro	20928
Potosí	165600
Tarija	277793
Santa cruz	747171
Beni	138358
Pando	27849
Total	2494322

Fuente: SENASAG, 2011

En Bolivia actualmente, se estima una población de 2494322 cabezas de porcinos, el 50% es aportado por productores comerciales; el otro 50% por pequeños productores (MDRyT, 2011).

Las partes más importantes de la anatomía del cerdo son: brazuelo, pierna y costillar.

1.2 JUSTIFICACIÓN

- Ya que en el departamento de Tarija no hay mucha oferta de un producto similar a las costillas de cerdo ahumadas, con estas características (nutritivo, inocuo e innovador), surge la idea de introducir al mercado local, mejorando la oferta y engrandecer la variedad de productos derivados de la carne de cerdo.

- En Tarija existe una producción considerable de ganado porcino, por lo cual se elaboraran las costillas de cerdo ahumadas, como una alternativa de transformación de la materia prima, dándole un valor agregado y así generar ingresos económicos para los productores
- El método de ahumado se utiliza para conservar carne; en las costillas de cerdo permitirá conservar y prolongar la vida útil, con el fin de obtener un producto que sea agradable al paladar del consumidor.
- La finalidad de este trabajo experimental es de elaborar las costillas de cerdo ahumadas, que cumpla las normas de calidad y de inocuidad que no cause daño al consumidor.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden desarrollar en el presente trabajo, son los siguientes:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar costillas ahumadas de cerdo, aplicando el proceso de conservación de carnes con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros físicos químicos de la materia prima, con la finalidad de conocer su composición.
- Aplicar el diseño experimental con el fin de identificar las variables necesarias para las operaciones de curado y ahumado.

- Determinar los parámetros físico-químicos, microbiológicos y organolépticos del producto terminado para poder establecer la calidad nutricional.
- Realizar los balances de materia y energía durante el proceso de elaboración del producto para así poder cuantificar las cantidades másicas y energéticas.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- En Tarija existe una producción considerable de ganado porcino, lo que no existe en el momento es la utilización de las costillas ahumadas las cuales provienen de Cochabamba, Santa cruz, se realizará este trabajo con el propósito de cubrir ese mercado.
- En nuestro medio la utilización de carne de cerdo es para elaborar chorizo, salchicha, etc. Pero lo que hace falta es la utilización de otras partes del cerdo con el propósito de obtener otros productos, como es el caso de las costillas de cerdo ahumadas.
- En el departamento de Tarija existe buena producción de ganado porcino, pero ofertando otros productos como ser las costillas de cerdo ahumadas se motivará al desarrollo de los productores incrementando la producción.

1.5 HIPÓTESIS

Elaborar costillas de cerdo ahumadas, para obtener un producto de calidad nutricional.

2.1 CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS

2.1.1 ANTECEDENTES

Las razas de los cerdos se derivaron de dos especies; *Sus Scrofa*, que es el cerdo europeo y *Sus Vittatus*, que es el cerdo salvaje del este y sudeste de Asia. Las especies de jabalís, que aún vive en los bosques alimentándose con pequeños animales, tubérculos, frutos, pastos nativos, tiene colmillos para su defensa y buena velocidad para huir de animales mayores, unos cuartos musculosos, cuerpo corto y un tren anterior musculoso que le dan rapidez de movimiento y agilidad, su cabeza es pesada e insertada firmemente para golpear a sus enemigos. El cerdo original vivió en forma sedentaria alrededor de los pueblos y posteriormente el hombre lo confinó y empezó a alimentarlo.

Los conquistadores españoles en sus diferentes viajes, trajeron consigo todo tipo de animales domésticos diseminándolos por todo el territorio americano. Así la actividad pecuaria de América es una prolongación lógica de la tradición española. Al continente americano, el cerdo llegó en primer lugar a Santo Domingo, Puerto Rico, Cuba y Jamaica, procedente de las Islas Canarias en el segundo viaje de Cristóbal Colón en 1493.

Para fines del siglo XVI, la cría del cerdo era estable en casi todas las poblaciones españolas del Nuevo Reino; la especie porcina, más que cualquier otro animal doméstico introducido por los europeos, encontró en América tropical una gran variedad de recursos alimenticios, causa principal de rápido incremento que tuvo la cría. En el transcurso de los tiempos se llegó a un animal voluminoso de gran papada, tórax estrecho, articulaciones cortas, pero gruesas y albergaba grandes cantidades de grasa. Desde la domesticación del cerdo, hace 5000 años hasta nuestros días el cerdo sufrió grandes modificaciones morfológicas y fisiológicas, debido a las diferentes condiciones en que vivió y al aprovechamiento que de él ha hecho el hombre.

2.1.2 RAZAS DEL CERDO

Las principales razas de cerdos son las siguientes:

2.1.2.1 LARGE WHITE

Origen: Norte de Inglaterra (condado de York), en su génesis están involucradas razas chinas, Napolitanas y el Yorkshire.

Características Morfológicas: De color blanco, perfil cóncavo, orejas erectas, voluminoso, espalda recta con buenos jamones y aplomos, patas cortas.

Características Fisiológicas o Productivas: Se distingue por su excelente aptitud materna, facilidad de adaptación y rusticidad y su alta fertilidad y fecundidad, buena conversión alimenticia y la calidad de su carne.

2.1.2.2 YORKSHIRE

Origen: inglés, contribuyo en la formación de la raza Large White.

Características Morfológicas: Es de color blanco, cara ligeramente cóncava, orejas de tamaño mediano y erectas.

Características Fisiológicas o de Producción: Las hembras son prolíficas, presentan buena habilidad materna y buena producción de carne. Se utilizan en sistemas de cruzamiento simple para obtener el mestizaje o hibridación mejorante de la producción de carne.

2.1.2.3 LANDRACE

Origen: En Dinamarca, en su formación están involucradas razas portuguesas, inglesas, españolas y chinas: el cerdo de Jutlandia y el denominado Seelandshwein, así como la Large White. Se conocen además tipos de Landrace Sueco, Ingles, (Europa 16), Belga, Noruego, Holandés.

Características Morfológicas: Son de color blanco, exceptuando al Landrace Belga, los demás tipos presentan perfil rectilíneo, orejas en forma de visera, cuerpo alargado, espalda

recta, vientre recogido y profundo, tercios anterior y posterior bien desarrollados, aplomos cortos y bien distribuidos, mamas bien conformadas.

Características Fisiológicas o Productivas: alta fertilidad y fecundidad, tamaño de camada alto, buenos rendimientos en ceba, docilidad, poca rusticidad, mediana calidad de la carne.

2.1.2.4 PIETRAIN

Origen: debe su nombre al pueblo así llamado, situado en la provincia Valona de Brabante en Bélgica. La génesis de la raza es muy discutida, se cree que procede del:

- a. Cruce de la raza Berkshire con ibérico.
- b. Cruce de la raza Berkshire con nativo Brabante.
- c. Cruce de Berkshire con Yorkshire y razas nativas belgas.
- d. Cruce de Bayeux de Normandía con cerdos nativos Belgas.
- e. Es el resultado de una mutación.

Características Morfológicas: tiene una capa blanca con manchas negras y/o rojas, presenta fuerte musculatura, cabeza relativamente pequeña con perfil recto o subcóncavo, es un animal de apariencia corta y rechoncha (las hembras adultas pesan entre 240 – 260 Kg, y los machos entre 280 – 300 Kg).

Esta raza presenta desarmonía anatómico – funcional con una relación corazón / cuerpo pequeña lo que da lugar a una alta mortalidad por infartos cardiacos.

Se utiliza en cruces para línea paterna con Hampshire, Duroc y cerdas cruzadas.

2.1.2.5 HAMPSHIRE

Origen: se formó en los Estados Unidos a partir del cruzamiento de las razas inglesas Essex y WessexSaddleback. Fue introducida en Europa por los ingleses en 1960.

Características Morfológicas: la cabeza es pequeña, papada bien formada y orejas erectas, su color es negro con una franja blanca que cubre los hombros, miembros anteriores y parte de la cinchera, pero sin exceder más de las dos terceras partes del cuerpo, está provisto de un

cuerpo macizo, aplomos y esqueleto sólidos, aunque presenta pezuñas traseras disimétricas con frecuencia.

Características Fisiológicas o Productivas: es una raza prolífica, las hembras presentan habilidad materna, de aceptable rendimiento en canal y alta calidad de la carne, con poca sensibilidad frente al estrés y facilidad de adaptación al medio.

2.1.2.6 DUROC JERSEY

Origen: se formó en Estados Unidos a partir de estirpes rojas de New Jersey, Massachussets, Conneticut y New York, los cuales provenían de cerdos colorados de Guinea, España y Portugal y del cruzamiento de estas con cerdos de las razas Berkshire y Tamworth.

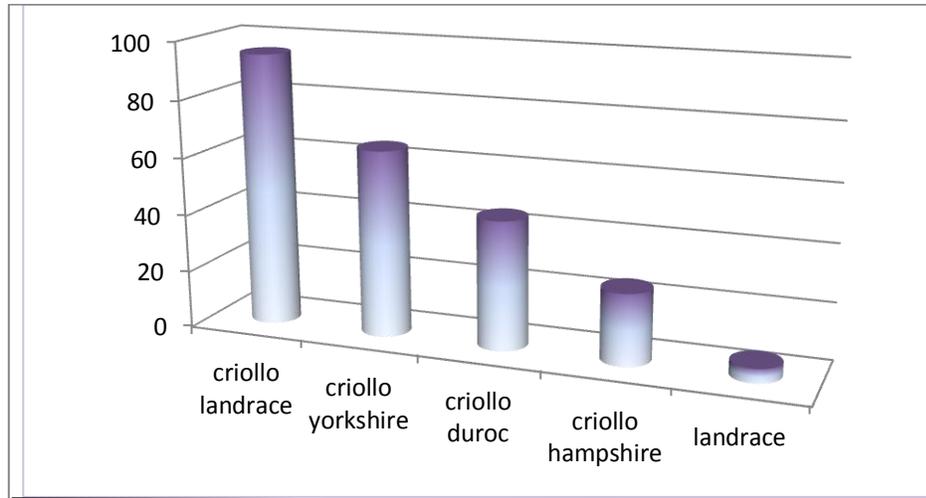
Características Morfológicas: presenta una capa de color rojo sólido con variantes desde el dorado hasta el rojo cereza, bien pigmentado, es vigoroso de tipo medio con una conformación que recuerda al Landrace, tiene la parte posterior mejor conformada que el Hampshire, la presencia de manchas negras, un remolino en la mitad superior del cuerpo o cuello, calzado en blanco delante o atrás descalifica esta raza. Tiene la cabeza estrecha, perfil cóncavo.

Características fisiológicas o productivas: Posee elevada rusticidad y buena calidad de la carne y de la canal, notables rendimientos en ceba. Hacen que se prefiera utilizar como mejorador en cruzamientos terminales. Tiene la dificultad de ser una raza agresiva y de poca producción de leche.

En Bolivia las razas que explotan con gran intensidad son los mestizos con la raza criolla como ser: Criollo - Landrace, Criollo - Yorskhire, Criollo - Duroc, Criollo - Hampshire. Esto es, debido a que al hacer el cruzamiento de las razas puras con el criollo adquieren resistencia a enfermedades y se adaptan mejor al tipo de alimentación y Clima (Navarro, 2003).

En la figura 2.1 se observa en el gráfico los tipos de cerdo que existen en Bolivia

Figura 2.1
Tipos de razas de cerdo en Bolivia



Fuente: Navarro ,2003

2.1.3 CARNE DE CERDO

La carne de cerdo es el corte comestible de los músculos de los animales homeotermos y que comprende los tejidos blandos que rodean al esqueleto incluyendo la grasa, tendones, vasos, nervios y huesos propios de cada corte .también tiene una consistencia bastante blanda y es de fibra fina, con un color rosa pálido a rosa o bien gris claro.

2.1.3.1 PROPIEDADES DE LA CARNE DE CERDO

2.1.3.1.1PROPIEDADES FISICAS

Las propiedades físicas de la carne cerdo son las siguientes:

- **COLOR.-** El color es uno de los parámetros principales que se toman en cuenta para medir la calidad de la carne, es la primera característica apreciada por el consumidor y el primer atributo que se juzga en el momento de la compra.

También la determinación del color de la grasa y del músculo es fundamental para ofrecer un producto al consumidor. En el caso del músculo es más complicada, ya que la apariencia del color varía al estar condicionada por los procesos de oxidación y oxigenación de la mioglobina.

Existen tres fuentes de variación del color en el músculo que son las siguientes:

- ✓ Contenido en pigmentos, es el factor más importante y está relacionado con la especie, la edad, la raza, el sexo y el tipo de alimentación.
 - ✓ Las condiciones durante el presacrificio, sacrificio y procesado (estrés), ya que afecta al color al variar la velocidad de caída del pH |y de la temperatura.
 - ✓ Tiempo de almacenamiento y condiciones de comercialización afectan la apariencia del color a través de los procesos de oxigenación y oxidación de la mioglobina.
- **AROMA.-** Agradable y característico, exento de sabores y olores extraños en la carne. Uno de los factores determinantes del óptimo aroma de la carne es la calidad de la grasa presente en la pieza cárnica, especialmente su **estado de oxidación**. Una excesiva oxidación repercute muy negativamente en la calidad de la carne fresca, procesada y precocinada. En general el olor de la carne es muy ligero, recordando en ocasiones al del ácido láctico, siendo más intenso en la carne de animales de mayor edad que en los jóvenes.

- **TEXTURA.**-Está relacionada con la proporción de tejido graso y tejido conjuntivo de la carne. La infiltración grasa influye en la jugosidad y la ternura de la carne. La presencia de tejido conjuntivo (colágeno, elastina, reticulina) aumenta la dureza de la carne.

En los Estados Unidos se han venido trabajando 5 rangos:

Rango 1: Muy suave y húmeda (músculo de textura abierta).

Acumulación de fluido en la superficie, se presenta en carnes pálidas.

Son canales de mala calidad, ya que el producto se encoge durante el proceso y queda con poco jugo después del cocido.

Rango 2: Suave y húmeda, similar a la anterior (menos severa).

Rango 3: Poco firme y jugosa.

Rango 4: Firme y moderadamente seca.

Rango 5: Muy firme y seca.

Estructura rígida y cerrada (sin fluidos en la superficie), asociada a carnes oscuras.

- **PH.**-El músculo del cerdo vivo tiene un pH neutro de 7,0 a 7,2. De esta forma cuando el músculo se convierte en carne, el pH disminuye, se torna ácida. Tanto la disminución progresiva de pH y el valor de pH final son importantes en la determinación de la calidad de carne de cerdo; Los cambios en el pH después del sacrificio son básicamente debidos a la degradación del glucógeno a ácido láctico por glucogenolisis y glicólisis en condiciones anaerobias. Mientras que el papel del glucógeno hepático es básicamente mantener el nivel de glucosa en sangre, el glucógeno del músculo esquelético actúa como fuente energética de rápida movilización, especialmente en casos de metabolismo anaerobio, mediante

glucogenolisis. La glucogenolisis se produce por activación de la glucógeno fosforilasa que libera glucosa-1-P, sustrato de la glicólisis. Esta activación se produce por una cascada de reacciones dependientes de AMPc que resultan en la fosforilación del enzima. Catecolaminas y neurotransmisores son los agentes iniciadores de la cascada. Los rangos ideales para el pH inicial están entre 6,7 y 6,3; y para el pH Final entre 6,1 y 5,7.

2.1.3.1.2P PROPIEDADES QUÍMICAS

Las propiedades químicas de la carne de cerdo son las siguientes:

- **Agua**

Cuantitativamente, el agua es el constituyente más importante de la carne de cerdo. La carne cruda, inmediatamente después del sacrificio, puede contener alrededor del

75% de agua. Parte de esta agua se pierde por diversos procesos: por evaporación durante el enfriamiento; por goteo al seccionar los tejidos.

El agua del músculo se encuentra en un 70% en las proteínas miofibrilares, en un 20% en las sarcoplásmicas y en un 10% en el tejido conectivo. Este contenido varía con el de grasa; si la grasa aumenta, el agua decrece y se aproxima al contenido de agua del tejido adiposo, cercano al 10%. La proporción entre proteína y agua es casi constante en un amplio rango de contenido graso. Esta regla se aplica a la carne de cerdo procedente de animales con un peso vivo al sacrificio de más de 90 Kg. En animales más jóvenes esta relación es menor.

No se sabe con total certeza como se encuentra el agua en el músculo, aunque mediante estudios de resonancia magnética nuclear se ha concluido que existe un 5% imposible de separar y el 95% restante está considerado como agua libre, capaz de migrar. Se dice que el agua está unida al músculo en tres formas diferentes:

Agua de constitución, el 5% del total. Forma parte de la misma carne y no existe forma de extraerla.

Agua de interface, unida a la interface proteína-agua. A su vez se subdivide en agua vecinal, más cercana a la proteína, formando dos, tres o cuatro capas, y agua multicapa, que está más alejada de las proteínas.

Agua normal. Se subdivide en dos tipos: agua ocluida, que está retenida en el músculo envuelta en las proteínas gelificadas, y agua libre, que es la que se libera cuando se somete la carne a tratamiento térmico externo.

- **Proteínas:**

La carne de cerdo es una fuente de proteína esencial, porque tiene un alto contenido de aminoácidos esenciales, algunos de ellos no son sintetizados por el organismo humano.

Existen tres tipos de proteínas en la carne. El tipo de proteína más valioso para el procesador cárnico es el de las proteínas contráctiles. El tipo de proteína más abundante en la carne es el de las proteínas del tejido conectivo. El tercer tipo de proteínas cárnicas es el de las proteínas sarcoplasmáticas.

- **Grasas:**

La grasa es el componente más variable de la carne en cuanto a composición. Las células grasas viven y funcionan como todas los demás tipos de células y están llenas de lípidos, los cuales varían grandemente en su composición de ácidos grasos. Las cadenas de ácidos grasos pueden variar en longitud de 12-20 carbonos, y pueden ser totalmente saturados (ningún enlace doble), monoinsaturadas o poliinsaturadas. Mientras más insaturado sea un ácido graso, menor será su punto de fusión y más susceptible será la grasa a la oxidación y al desarrollo de sabores rancios y malos olores.

Dentro de las funciones metabólicas de las grasas está la de servir de vehículo a las vitaminas liposolubles (A, D, E, K). Los lípidos en la carne de cerdo, presentes en el tejido muscular, en proporción no mayor de 3-5%, proporcionan características de jugosidad, ternura y buen sabor, además de ser indispensables en la fabricación de productos cárnicos porque aportan palatabilidad y textura.

- **Carbohidratos:**

Como en todas las carnes están presentes en muy bajo porcentaje, pues son compuestos sintetizados más fácilmente por productos de origen vegetal. El porcentaje que posee la carne de cerdo es el 1% y está básicamente representado en glicolípidos.

- **Minerales:**

Están presentes en la carne de cerdo en 1%, siendo los más importantes el hierro, manganeso y fósforo, los cuales son de gran importancia para el organismo humano, pues intervienen en la formación de huesos y dientes.

- **Vitaminas:**

En pequeñas cantidades son necesarias para el crecimiento, desarrollo y reproducción humana. En la carne de cerdo sobresalen las vitaminas del Complejo B y, en especial, la B1 que se encuentra en mayor cantidad que en otras carnes. También es rica en vitaminas B6, B12 y Riboflavina.

- **Magnesio**

El magnesio es un cofactor esencial en diferentes sistemas enzimáticos y metabólicos. Su suplementación en la dieta disminuye directamente la actividad del músculo esquelético al actuar como antagonista del calcio en la placa motora presináptica, evitando la exocitosis de vesículas que contienen neurotransmisores.

Al reducirse la secreción de acetilcolina se disminuye la actividad en la conexión neuromuscular. Al mismo tiempo, el magnesio también está involucrado en la disminución de la excreción de catecolaminas por parte de las terminales nerviosas y glándulas adrenales. Dado que las catecolaminas pueden inhibir la glucólisis muscular al reducir la síntesis de AMPc, la disminución en la concentración de cortisol, noradrenalina, adrenalina y dopamina asociada a la suplementación de la dieta con magnesio también reduce el estrés en cerdos.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

2.2.1 ORIGEN DE CARNES AHUMADAS

Se dice que el ahumado de carnes se practica desde la prehistoria, fue descubierto por el hombre de Cromagnon hace más de 15000 años, quedando vestigios de ello en las cuevas francesas de Dordoña y Les Eyzies. Estos hombres, se dieron cuenta que las carnes que se secaban al fuego, quedaban cubiertos por el humo, lo que se vio, les confería un aroma agradable y mejoraba su conservación.

Por otro lado, hallazgos arqueológicos cerca de Cracovia han sacado a la luz que el inicio del uso del ahumado para preparar carnes se remonta a unos 90000 años, en pleno paleolítico. Se cree que nuestros antepasados, tras tener suspendidos los trozos de carne de osos sobre el fuego para protegerlos de los depredadores, observaron que se conservaban mejor y tenían mejor sabor.

Sin embargo las primeras publicaciones sobre el proceso de ahumado no aparecieron hasta 1573, cuando Heresbachio dio una breve descripción del proceso de curado y ahumado.

2.2.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA COSTILLA DE CERDO

En la tabla 2.1, se observa la composición fisicoquímica de las costillas de cerdo.

Tabla 2.1
Composición química de costilla de cerdo

Componentes	Cantidad
Agua	59,39 %
Energía	282 kcal
Proteína	16,12 g
Grasa	23,58 g
Carbohidratos	0,00 g
Fibra total	0,00 g
Ceniza	0,91 g
Calcio	32 mg
Fósforo	143 mg
Hierro	0,91 mg
Tiamina	0,58 mg
Riboflavina	0,26 mg
Niacina	4,57 mg
Vitamina C	0,00 mg
Vitamina A	3 mg
Ácidos grasos mono-insat	10,65 mg
Ácidos grasos poli-insat	1,96 g
Ácidos grasos saturados	8,73 g
Colesterol	81 mg
Potasio	233 mg
Sodio	75 mg
Zinc	2,31 mg
Magnesio	16 mg
Vitamina B6	0,40 mg
Vitamina B12	0,82 mcg
Acido fólico	0,00 mcg
Fracción comestible	0,62 %

Fuente: Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica, 2006

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS INSUMOS

2.3.1 INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE COSTILLAS DE CERDO AHUMADAS

Los insumos utilizados para la elaboración de costillas de cerdo ahumadas son los siguientes:

2.3.1.1 INSUMOS PARA LA SOLUCIÓN DE CURADO EN LA ELABORACIÓN DE COSTILLAS DE CERDO AHUMADAS

Los insumos utilizados para el curado de las costillas de cerdo ahumadas son los siguientes:

2.3.1.1.1 SAL COMÚN

La sal de mesa, que consiste principalmente de cloruro sódico (NaCl), es el ingrediente más importante en el curado y se usa en cantidades relativamente grandes. La sal elimina e inhibe el crecimiento de microorganismos extrayendo el agua de las células, tanto del microbio como del alimento, mediante ósmosis. Se necesitan concentraciones de sal de al menos un 20% para matar la mayor parte de las bacterias no deseadas. Una vez salado adecuadamente, el interior del alimento contiene suficiente sal para ejercer presiones osmóticas que previenen o retardan el crecimiento de muchos microbios no deseados (Ospina, 2006).

2.3.1.1.2 AZÚCAR

Se denomina azúcar a la sacarosa ($C_{12} H_{22} O_{11}$: oxígeno 51,42%, carbono 42,10%, hidrógeno 6,48%) formado por una molécula de glucosa y una de fructosa. Designa los diferentes monosacáridos y disacárido sabor dulce. Aunque a menudo, se usa para dar un sabor agradable, el azúcar también puede emplearse para fomentar el crecimiento de bacterias beneficiosas, como las del género *Lactobacillus*. Como el crecimiento de bacterias no deseadas se retrasa, el lactobacilo tolerante a la sal los supera y evita posteriormente su crecimiento generando un ambiente ácido mediante la producción de ácido láctico. Esto inhibe el crecimiento de otros microbios y explica el sabor ácido de algunos productos curados (Bueno, 1996).

2.3.1.1.3 NITRATOS Y NITRITOS

Los nitratos y nitritos son compuestos iónicos que se encuentran en la naturaleza, formando parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato (NO_3) es la forma estable de las estructuras oxidadas del nitrógeno, y a pesar de su baja reactividad química puede ser reducido por acción microbiológica. El nitrito (NO_2), es oxidado con facilidad. Por procesos químicos o biológicos a nitrato, o bien reducido originando diversos compuestos (Antón y Lizaso, 2001).

Los nitratos y nitritos no sólo ayudan a matar bacterias, sino que también producen un sabor característico y dan a la carne un color rosado o rojo. El nitrato (NO_3^-), provisto por ejemplo por el nitrato sódico o el nitrato potásico, se usa como fuente de nitrito (NO_2^-). El nitrito, se descompone en la carne el óxido nítrico (NO), que se une al átomo de hierro del centro del grupo hemo de la mioglobina, reduciendo la oxidación y provocando un color marrón rojizo (nitrosomioglobina) cuando el alimento está crudo y el característico color rosa (nitrosohemocromo) (Antón y Lizaso, 2001).

2.3.1.1.4 FOSFATOS

Los fosfatos (PO_4) son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Los fosfatos, se emplean como aditivos alimentarios principalmente como estabilizantes. Una de sus principales aplicaciones como aditivo es en productos cárnicos, al interaccionar con las proteínas disminuye la pérdida del agua y aumentan la jugosidad del producto. Es decir que los fosfatos, se añaden con el objeto de ayudar en la retención de agua, poseen las siguientes propiedades: Acción coagulante sobre las proteínas, Acción gelatinizante sobre las mismas, Acción dispersante sobre las grasas, Acción emulsificante sobre éstas. Estas propiedades, se producen en sinergismo con ligantes y otros emulgentes. La concentración de uso es de 2 g/kg de carne (Alarcón y López, 2010).

2.3.1.1.5 ÁCIDO ASCÓRBICO

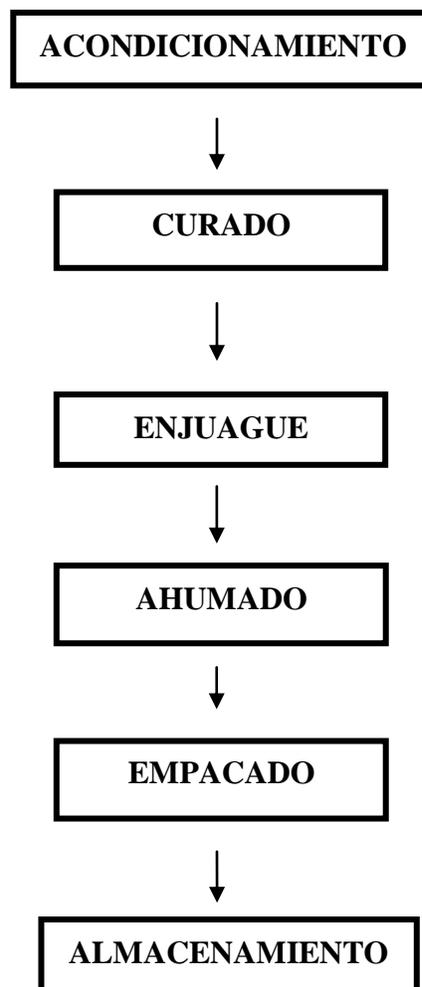
La aplicación de ácidoascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) en productos cárneos cocidos, curados y ahumados se basa en su propiedad de reducir con rapidez y directamente el nitrito de la sal de curado a

óxido nítrico, el cual reacciona con la mioglobina de la carne para formar la nitrosomioglobina, de intenso color rojo. Así se produce un enrojecimiento homogéneo y rápido, permitiendo disminuir la dosis de nitrito, tóxico. A la vez estabiliza el color, al inhibir también la oxidación interior de la nitrosomioglobina formada (Alarcón y López, 2010).

2.4 DIAGRAMA DE ELABORACIÓN DE COSTILLAS DE CERDO AHUMADAS

Figura 2.2

Diagrama de bloques para elaborar costillas de cerdo ahumadas



- **ACONDICIONAMIENTO:** se controla la calidad de la materia prima y preparándola para el proceso.
- **CURADO:** se somete a la materia prima a la acción de sales de cura la cual puede ser húmeda o seca. El tiempo lo define el tipo de carne y corte.
- **ENJUAGUE:** se somete a sacar el excedente de salado y a hidratar la carne.
- **AHUMADO:** se expone a cierta cantidad de humo por el tiempo requerido del corte de la carne, este proceso puede ser frío o caliente.
- **EMPACADO:** el empacado se lo puede realizar en polietileno, puede ser fileteado o entero, pero sellado al vacío.
- **ALMACENAMIENTO:** se debe almacenar bajo temperatura de refrigeración.

2.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL CURADO

El curado es cualquiera de los procesos de conservación y sazonado de alimentos, especialmente de carne y pescado, mediante la adición de una solución curante. Es una solución de agua y sal en las proporciones del 10 al 22% de sal en relación al agua y que se emplea para conservar alimentos, tanto de vegetales como pescados y carnes. Dependiendo de los alimentos a conservar, puede contener otros ingredientes como son azúcar del 3.5 al 10%, nitrato sódico o de potasio en una cantidad que varía entre 0.4 y 0.7%, así como algunos elementos aromáticos, como pimienta, tomillo y laurel entre otros.

El color es el objetivo más importante y está controlado por:

- Calidad de la carne
- Proporción de grasa o carne magra
- Temperatura de curado

- Ingredientes del curado
- Técnica de curado que se emplee.

Las reacciones químicas del curado son muy complejas, con reacciones lentas de proteínas y grasas por autólisis y oxidación. Estas reacciones pueden producirse sólo por autooxidación, aunque típicamente van acompañadas por enzimas del alimento además de hongos y bacterias benignas.

Para permitir estas reacciones de curado lentas y evitar la descomposición rápida por putrefacción, se extrae el agua del alimento, haciéndolo poco hospitalario para los microorganismos. Esto suele hacerse aplicando sal y una combinación de otros ingredientes.

2.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL AHUMADO

El ahumado consiste en exponer a los alimentos al humo que producen algunas maderas que contengan pocos “alquitranes” o “resinas” como las del pino, siendo recomendadas maderas dulces, ricas en ésteres que son de olor agradable y efecto antibiótico por lo que son esencias empleadas en perfumería, estos se liberan al quemar las maderas y se adhieren y penetran a los alimentos, proporcionándoles muy buen sabor y olor a la vez que los preserva de la descomposición. También se denomina ahumado a la operación que consiste en someter a un producto alimenticio a la acción de los compuestos gaseosos que se desprenden en la combustión de ciertas maderas.

El ahumado de los alimentos tiene normalmente tres fines principales; añadir adecuados sabores, Inhibir el crecimiento microbiano y retrasar la oxidación de las grasas. Otros efectos deseables también son provocados por el ahumado, como son la mejora del color, apariencia y un efecto de tenderización (aporte de la acción conservante).

El sabor y aroma característico de los alimentos ahumados son difundidos Por los vapores de creosota destilados de la combustión del aserrín. Los aspectos más importantes del ahumado son:

1. Eliminación de humedad.
2. La penetración de vapores ácidos del humo en la carne.
3. El control de la temperatura crítica para evitar el no chamuscar y no perder grasa.

Tradicionalmente el humo se obtiene por quemado de virutas de madera y, o aserrín procedente preferiblemente de maderas duras, ejemplo: nogal, roble que contienen muchos compuestos volátiles que difieren en su efecto bacteriostático.

2.4.2.1 TIPOS DE AHUMADO

El ahumado puede llevarse a cabo en frío o en caliente son dos procesos con resultados totalmente distintos, el mismo producto sabe muy diferente dependiendo de si se ahúma en frío (aromas suaves, dulces) o en caliente (vainilla, clavo, especias, fuerte presencia del humo).

Ahumado en frío:

- Es el proceso más conocido, el que se utiliza para peces.
- El alimento absorbe menos aromáticos, sobre todo aromas dulces, tostados y a caramelo.
- Cocción por debajo de los 37° C, aunque normalmente se hace entre 20° y 30° C. El alimento no se cocina.
- Necesita tiempos de ahumado mucho más prolongados.

Ahumado en caliente:

- Entre 55° y 80°C. Durante este proceso el alimento, además de ahumarse, se cocina.
- Los tiempos de ahumados se reducen entre 1 y 3 ó 4 horas.
- El producto final tiene los aromas dulces y de caramelo típicos del ahumado en frío y además se enriquece con otros aromas a humo y especias.
- Para carnes duras que necesitan una cocción muy prolongada se puede hacer todo el proceso en el ahumador, pero las carnes pueden coger demasiada intensidad.

El humo y su composición

El humo es una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas dispersas en una fase gaseosa. La fase gaseosa es la principal responsable de la absorción de los compuestos del humo. En relación a la composición del humo, se han detectado más de 300 sustancias químicas presentes en él.

Pirolisis de la madera:

Es un proceso de degradación de los componentes de la madera por efecto del calor en ausencia de aire con un suministro reducido y controlado en las primeras etapas.

En el ahumado se aplica el proceso a temperaturas menores, con el objeto de producir humo, en forma lo más continua posible.

Temperatura de generación del humo:

En general, la temperatura de generación del humo es de primera importancia en la producción del humo. Se plantea que la temperatura óptima de la pirolisis de la madera para el ahumado sin, llamas de 280°C a 350°C para la generación de los componentes activos del humo.

Temperatura óptima del producto para el ahumado:

Plantean que para obtener el ahumado óptimo, se debe iniciar el ciclo de cocción a una temperatura de ahumado en el centro del producto de 55 °C, aumentándola hasta 83 °C. Con ello se obtendrán mejores valores de aceptabilidad, textura color y firmeza del producto.

Madera empleada en el ahumado:

En principio, y aunque hay excepciones como la paja, las hojas y ramas de la planta del té y las ramas de la vid, se utiliza casi siempre maderas duras, que suelen ser las que aportan sabores más ricos.

Las maderas de árboles frutales dan aromas mucho más suaves, que recuerdan a sabores dulces. Las más habituales son peral, cereza y manzano.

El resto de maderas duras, son las más utilizadas ya que producen un aroma superior al obtenido de las maderas tiernas. Las maderas duras son más ricas en compuestos aromáticos totales y en compuestos ácidos, que los obtenidos por combustión de las maderas resinosas, además de sabores más intensos, como por ejemplo:

- Nogal: fuerte, intenso para carnes sabrosas y salchichas.
- Roble: sobre todo para caza.

3.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación (Elaboración de Costillas de Cerdo Ahumadas), se realizará en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA); dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

3.2 REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS

La materia prima que será utilizada es la siguiente:

3.2.1 MATERIA PRIMA

Debe ser costillas de cerdo obtenidas higiénicamente, de cerdos con peso aproximado de:

Tabla 3.1
Peso muerto de cerdo para elaborar el producto

Carne	Peso(kg)
cerdo	40-50

3.2.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA

En la tabla 3.2, se muestran las normas que se usaron para determinar los parámetros fisicoquímicos, este análisis se lo determinó en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Juan Misael Saracho.

Tabla 3.2
Parámetros fisicoquímicos de la materia prima

Parámetros	Normas	Método
Humedad	NB 379-97	Gravimétrico
Cenizas	NB 468-97	Gravimétrico
Grasa	NB 465-81	Volumétrico
Carbohidratos	Por calculo	Calculo
Valor energético	Por calculo	Calculo

Fuente: CEANID, 2013.

3.2.3 INSUMOS ALIMENTARIOS

En la tabla 3.3, se muestra los insumos utilizados y su procedencia para la preparación de la solución curante, que será utilizada en el proceso de elaboración de costillas de cerdo ahumadas.

Tabla 3.3

Insumos utilizados para la elaboración de costillas de cerdo ahumadas

Insumo	Marca	Procedencia
Sal común(NaCl)	Gerli	Oruro
Azúcar	Bermejo	Tarija
Sal curante(nitrito/nitrato)	Esencial	Tarija
Fosfatos	Esencial	Tarija
Acido ascórbico	Cáceres	La paz
Condimento de jamón	Esencial	Tarija
Sorbato de potasio	Cáceres	La paz

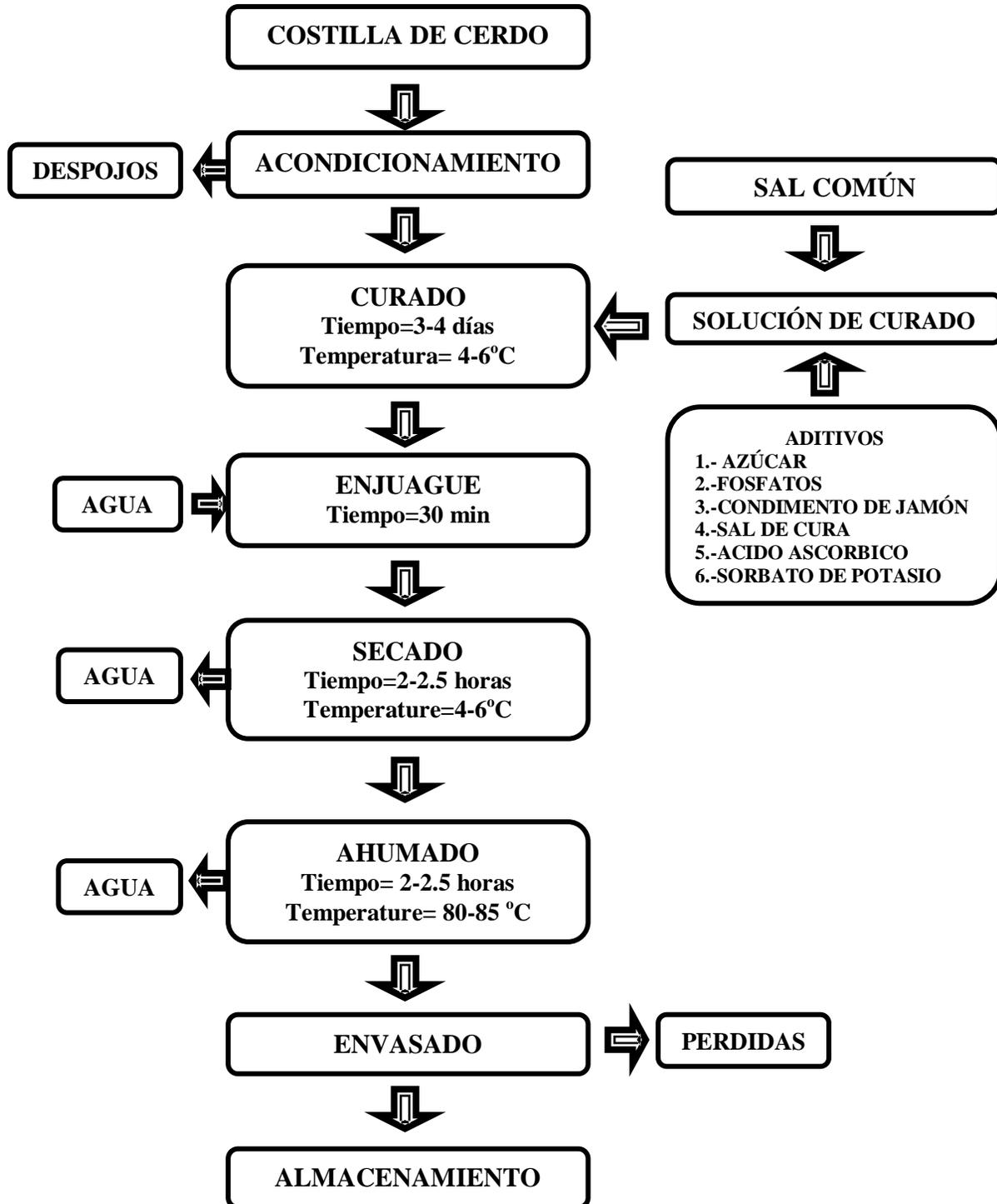
Fuente: Elaboración propia.

3.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE COSTILLAS DE CERDO AHUMADAS

El la figura 3.1, se muestra el diagrama de bloques del proceso de elaboración de costillas de cerdo ahumada.

Figura 3.1

Diagrama de bloques del proceso de elaboración de costillas de cerdo ahumadas



3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE COSTILLAS DE CERDO AHUMADAS

La descripción de elaboración de costillas de cerdo ahumadas se la detalla a continuación por etapas.

3.4.1.1 COSTILLA DE CERDO

La materia prima utilizada en el trabajo experimental son costillas de cerdo, adquiridas del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija.

3.4.1.2 ACONDICIONAMIENTO

Para el acondicionamiento, se coloca la costilla sobre la mesa de metal y proceder a eliminar todo el despojo, con ayuda de un cuchillo mediano, si lo necesita se procede a dar un breve enjuague para eliminar partículas de arenilla, tierra, etc.

3.4.1.3 CURADO

Para el proceso de curado, se prepara la solución de curado, de la siguiente manera: se debe tomar una fuente de plástico y se coloca en ella los aditivos, en el siguiente orden; sal común, azúcar, fosfatos, sal curante, ácido ascórbico, y finalmente condimento de jamón; con ayuda de una cuchara se procede a mezclarlo muy bien, ya que todos los aditivos son sólidos. se coloca en otra fuente de plástico la costilla, y se comienza a espolvorear con la mezcla, debe notarse claramente los sólidos sobre la carne, posteriormente, se lo coloca en el frízer a temperaturas de 4 a 4 grados centígrados, en el segundo día, se saca del frízer y procede a inyectar con una jeringa de metal el líquido que salió del mismo, hecho esto se procede a colocar nuevamente al frízer, en total deben ser cuatro días de curado.

3.4.1.4 ENJUAGUE

Al finalizar el curado se saca del frízer, se lleva a enjuagar al grifo de agua y se debe colocar la costilla en una fuente de plástico con un poco de agua, y dejando durante 30 minutos.

3.4.1.5 SECADO

Se saca del agua de enjuague, se colocara en otra fuente seca y se lo lleva a que se seque en el frízer a una temperatura de (6) °C, durante 2.5 horas.

3.4.1.6 AHUMADO

Posterior al secado, se saca del frízer, se toma la costilla de un costado y se coloca los ganchos de metal, y se lleva al ahumador colocando en la parte de arriba, quedando en forma vertical, se coloca la viruta de quina en la parte de abajo, se cierra la puerta y se programa la temperatura (80) °C y el tiempo (2) horas.

3.4.1.7 ENVASADO

Ya terminado el proceso de ahumado, se procede a envasar el producto, en bolsas de polietileno. Tomando en cuenta todas las reglas de inocuidad (mandil, guantes, barbijo, gorro y esterilización con alcohol etílico) y con ayuda de una envasadora al vacío.

3.4.1.8 ALMACENAMIENTO

Se lleva a almacenar bajo condiciones de refrigeración (4 a 6) °C.

3.5 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial de los alimentos, se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del desenvolvimiento de actividades de la industria alimentaria. Así pues, por su aplicación en el control de calidad y de procesos, en el diseño y desarrollo de nuevos productos y en la estrategia de lanzamientos de los mismos al mercado,

la hace, sin duda alguna, el copartícipe del desarrollo y avance mundial de la alimentación (Ureña y D'arrigo, 1990).

El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas, bajo condiciones preestablecidas y bajo un patrón de evolución acorde al posterior análisis estadístico (Ureña y D'arrigo, 1990).

La evaluación sensorial se realizó en las instalaciones del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) de la Carrera de Ingeniería de Alimentos perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Se realizó la evaluación sensorial en las etapas de preparación de la solución de cura, curado, secado y ahumado, además del producto terminado, se evaluara tomando en cuenta los atributos de aroma, sabor, color y textura.

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Un experimento diseñado es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida (Montgomery, 2004).

El diseño experimental puede ser considerado como parte del proceso científico y una de las formas en que aprendemos acerca de la forma en que funcionan los sistemas o procesos. Por lo general, este aprendizaje se da a través de una serie de actividades en las cuales hacemos conjeturas sobre un proceso, realizamos experimentos para generar datos a partir del proceso, y entonces usamos la información del experimento para establecer nuevas suposiciones, que llevan a realizar nuevos experimentos y así sucesivamente comportándose cíclicamente (Ramos, 2000).

Para realizar el siguiente trabajo de investigación, se utilizará los siguientes diseños según (Montgomery, 1996): diseño factorial 2^2 y diseño factorial 2^3 . Se realizarán estos diseños en las siguientes operaciones (solución de curado, curado, secado, ahumado) del proceso.

3.6.1 DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA SOLUCIÓN DE CURADO

En el proceso de elaboración de costillas ahumadas, se utilizará el diseño factorial 2^3 .

Para tal efecto se tiene la siguiente ecuación es:

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ tratamientos}$$

En la tabla 3.4 se muestran los factores y niveles de variación (bajo”-” y alto”+”), para la solución de curado (para 1 kilogramo de costilla de cerdo).

Tabla 3.4

Niveles de las variables en la solución de curado

Variables	Nivel bajo(-)	Nivel alto(+)
Sal de cura(S)	25 gr	30gr
Condimento(C)	3.5gr	6.0gr
Fosfatos(F)	1.5gr	3.5gr

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.5, se muestra la matriz para la etapa de solución de curado de la elaboración de costillas de cerdo ahumadas.

Tabla 3.5

Matriz para la etapa de solución de curado

Corridas	tratamientos	factores			Interacción de los efectos				TOTAL
		S	C	F	SC	SF	CF	SCF	Y_i
1	(1)	-1	-1	-1	+	+	+	-	y_1
2	S	+1	-1	-1	-	-	+	+	y_2
3	C	-1	+1	-1	-	+	-	+	y_3
4	SC	+1	+1	-1	+	-	-	-	y_4
5	F	-1	-1	+1	+	-	-	+	y_5
6	SF	+1	-1	+1	-	+	-	-	y_6
7	CF	-1	+1	+1	-	-	+	-	y_7
8	SCF	+1	+1	+1	+	+	+	+	y_8

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE RESPUESTA: la variable respuesta para la solución de curado es la “concentración de sal”.

3.6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA OPERACIÓN DE CURADO

En la etapa de curado del proceso de elaboración de costillas ahumadas, se utilizará el diseño factorial 2^2 .

Para tal efecto se tiene la siguiente ecuación es:

$$2^2 = 2 \times 2 = 4 \text{ tratamientos}$$

En la tabla 3.6 se muestran los factores y niveles de variación (bajo”-” y alto”+”), para la etapa de curado.

Tabla 3.6

Niveles de las variables en la etapa de curado

Variab les	Nivel bajo	Nivel alto
Tiempo de curado(t_c)	3 días	4 días
Temperatura de curado(T_c)	4 °C	6°C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.7, se muestra la matriz para la etapa de curado de la elaboración de costillas de cerdo ahumadas.

Tabla 3.7

Matriz para la etapa de curado

Corridas	tratamientos	factores		Interacción de los efectos	TOTAL
		t_c	T_c	$t_c T_c$	Y_i
1	(1)	-1	-1	+	y_1
2	t_c	+1	-1	-	y_2
3	T_c	-1	+1	-	y_3
4	$t_c T_c$	+1	+1	+	y_4

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE RESPUESTA: la variable respuesta para la etapa de curado es “contenido de humedad”.

3.6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA OPERACIÓN DE SECADO

En la etapa de secado del proceso de elaboración de costillas ahumadas, se utilizará el diseño factorial 2^2 .

Para tal efecto se tiene la siguiente ecuación es:

$$2^2 = 2 \times 2 = 4 \text{ tratamientos}$$

En la tabla 3.8 se muestran los factores y niveles de variación (bajo”-” y alto”+”), para la etapa de secado.

Tabla 3.8

Niveles de las variables en la etapa de secado

Variables	Nivel bajo	Nivel alto
Tiempo de secado(t_s)	2 horas	2.5 horas
Temperatura de secado(T_s)	4 °C	6°C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.9, se muestra la matriz para la etapa de secado de la elaboración de costillas de cerdo ahumadas.

Tabla 3.9

Matriz para la etapa de secado

Corridas	tratamientos	factores		Interacción de los efectos	TOTAL
		t_s	T_s		$t_s T_s$
1	(1)	-1	-1	+	y_1
2	t_s	+1	-1	-	y_2
3	T_s	-1	+1	-	y_3
4	$t_s T_s$	+1	+1	+	y_4

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE RESPUESTA: la variable respuesta para la etapa de secado es “contenido de humedad de la carne”.

3.6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA OPERACIÓN DE AHUMADO

En la etapa de ahumado del proceso de elaboración de costillas ahumadas, se utilizará el diseño factorial 2^2 .

Para tal efecto se tiene la siguiente ecuación es:

$$2^2 = 2 \times 2 = 4 \text{ tratamientos}$$

En la tabla 3.10 se muestran los factores y niveles de variación (bajo”-” y alto”+”), para la etapa de ahumado.

Tabla 3.10

Niveles de las variables en la etapa de ahumado

Variablen	Nivel bajo	Nivel alto
Tiempo de ahumado(t_a)	2 horas	2.5 horas
Temperatura de ahumado(T_a)	80 °C	85°C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.11, se muestra la matriz para la etapa de ahumado de la elaboración de costillas de cerdo ahumadas.

Tabla 3.11

Matriz para la etapa de ahumado

Corridas	tratamientos	factores		Interacción de los efectos	TOTAL
		t_a	T_a		Y_i
				$t_a T_a$	Y
1	(1)	-1	-1	+	y_1
2	t_a	+1	-1	-	y_2
3	T_a	-1	+1	-	y_3
4	$t_a T_a$	+1	+1	+	y_4

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE RESPUESTA: la variable respuesta para la etapa de ahumado es “porcentaje de ahumado”.

3.7 REQUERIMIENTO DE EQUIPOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

Para la parte experimental, se requiere de los siguientes equipos y utensilios de cocina.

3.7.1 EQUIPOS

Los equipos a ser utilizados en el presente trabajo son los siguientes:

Balanza granatoria.- Se debe utilizar durante el proceso para pesar la costilla de cerdo. Sus especificaciones técnicas, se detallan en la tabla 3.12

Tabla 3.12

Especificaciones técnicas de la balanza granatoria

Marca	JADEVER
Tensión	220 V
Capacidad	Max:300 kg , Min:20 g

Balanza analítica.- Se debe utilizar durante proceso, para pesar todos los aditivos. Sus especificaciones técnicas, se muestran en la tabla 3.13.

Tabla 3.13

Especificaciones técnicas de la balanza analítica

Marca	METTLER TOLEDO
Modelo	PB 1502
Potencia	5 W
Tensión	220 V
Frecuencia	50/60 Hz
Capacidad	Max: 1510 g. Min:0.5 g.

Frízer.- Se debe utilizar para la refrigeración del producto durante el proceso de curado. Sus especificaciones técnicas, se muestran en la tabla 3.14.

Tabla 3.14

Especificaciones técnicas del frízer

Marca	CONSUL
Modelo	CH853CBDEA
Potencia	266 W
Tensión	220 V
Frecuencia	50 Hz

Ahumador.- Se debe utilizar durante el proceso para ahumar el producto a diferentes temperaturas y tiempos. En la tabla 3.15, se detallan sus especificaciones técnicas.

Tabla 3.15

Especificaciones técnicas del ahumador

Serie	0,5061239
Potencia	13 KW
Tensión	220 V
Temperatura máxima	100°C
Volumen de carga	4 m ³
Numero de puertas	2

3.7.2 UTENSILIOS DE COCINA

Los utensilios de cocina necesarios para la elaboración de costillas de cerdo ahumadas, se detallan en la tabla 3.16.

Tabla 3.16

Utensilios de cocina

Utensilio	Material	Tamaño
Cuchillo	Acero inoxidable	Mediano
Mesa	Acero inoxidable	Grande
Lavador	Plástico	Mediano
Jeringa	Acero inoxidable	Mediana
Gancho	Acero inoxidable	Pequeño

Fuente: Elaboración propia

3.8 PROPIEDADES DEL PRODUCTO TERMINADO

Se realizo diferentes parámetros, tanto fisicoquímico, microbiológico y organolépticos.

3.8.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 3.17, se detallan los parámetros fisicoquímicos del producto terminado, así como las técnicas empleadas.

Tabla 3.17

Parámetros fisicoquímicos del producto terminado

Parámetros	Normas	Método
Humedad	NB 074-2000	Gravimétrico
Proteína total	NB076-2000	Gravimétrico
Cenizas	NB 075-74	Gravimétrico
Grasa	NB 103-97	Volumétrico
Carbohidratos	Cálculo	Por cálculo
Valor energético	Cálculo	Por cálculo

Fuente: Cortez, 2013

3.8.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 3.18, se muestran los parámetros microbiológicos que se realizarán en el producto, que serán analizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Juan Misael Saracho.

Tabla 3.18

Parámetros microbiológicos del producto terminado

Parámetros	Norma	Método
Coliformes fecal	NB 32005	Tubos múltiples
Coliformes total	NB 32006	Tubos múltiples
Salmonella	NB 32007	Recuento de placa fluida

Fuente: Cortez, 2013

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS

Las características de las materias primas se especifican mediante las propiedades físico químicas del costillar de cerdo.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

A continuación en la tabla 4.1 se muestran los resultados obtenidos de la composición físico química del costillar de cerdo. los análisis se realizaron en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID, 2013).

Tabla 4.1
Análisis físico químico de la materia prima (costillar de cerdo)

PARAMETRO	TECNICA	UNIDAD	RESULTADOS
CENIZAS	NB 075-74	%	0.75
FIBRA	Manual Tec CEANID	%	n.d
MATERIA GRASA	NB 103-97	%	12.43
HIDRATOS DE CARBONO	Calculo	%	2.4
HUMEDAD	NB 074-2000	%	67.74
PROTEINA TOTAL	NB 076-2000	%	16.68
VALOR ENERGETICO	Calculo	Kcal/100 g	188.19

Fuente: CEANID, 2013

En la tabla 4.1, se observa que el costillar de cerdo tiene 0.75 % de cenizas; fibra no detectado; 12.43% de materia grasa; 2.4 % de carbohidratos; 67.74% de humedad; 16.68% de proteína total y el valor energético es de 188.19 Kcal por cada 100 gramos de costillar.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

Para la caracterización de las variables del proceso, se tomo en cuenta; la preparación de la solución de cura, el proceso de curado, el proceso de secado y el proceso de ahumado.

4.2.1 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CURA PARA LA ELABORACIÓN DE COSTILLAS AHUMADAS DE CERDO

Para realizar la preparación de la solución de cura para la elaboración de costillas ahumadas de cerdo, se usaron ocho prototipos en los cuales se varía la cantidad de; sal de cura, condimento y fosfatos, se detalla en la tabla 4.2

Tabla 4.2
Variables para la preparación de la solución de cura

MUESTRA	VARIABLES		
	SAL DE CURA	CONDIMENTO	FOSFATOS
M1	25	3.5	1.5
M2	30	3.5	1.5
M3	25	6.0	1.5
M4	30	6.0	1.5
M5	25	3.5	3.5
M6	30	3.5	3.5
M7	25	6.0	3.5
M8	30	6.0	3.5

Fuente: elaboración propia

Los prototipos de la preparación de solución de cura, fueron sometidos a evaluación sensorial compuesto por diez jueces no entrenados, los cuales calificaron los atributos de color y sabor.

4.2.1.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CURA

En la tabla 4.3, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo color de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.2 las calificaciones obtenidas de la tabla B.2.1.

Tabla 4.3

Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de preparación de la solución de cura

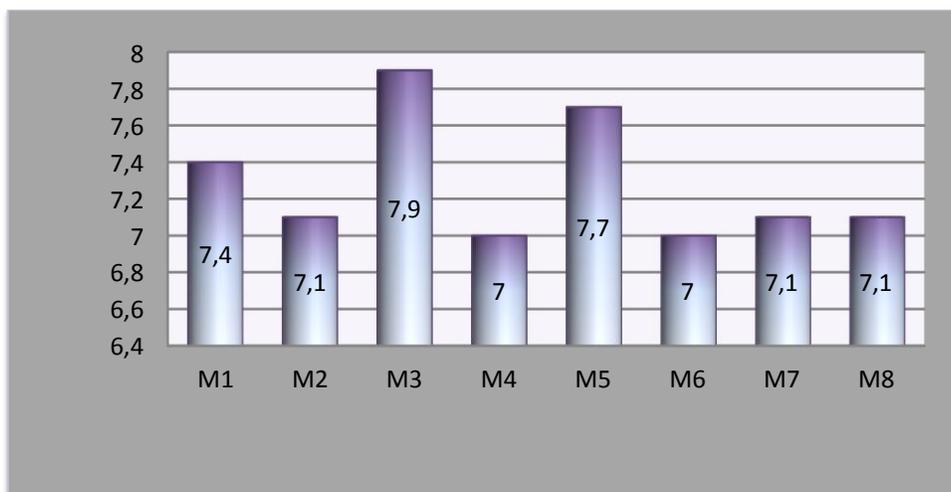
Jueces	MUESTRAS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	8	9	9	7	7	7	6	8
2	9	5	7	8	8	9	8	6
3	5	5	6	6	6	5	6	7
4	6	9	7	6	8	7	7	5
5	9	9	7	7	6	6	7	9
6	7	7	6	7	8	8	9	6
7	8	6	8	6	6	6	8	7
8	6	9	7	8	8	8	5	5
9	8	9	7	7	8	8	9	9
10	7	7	8	6	6	8	5	7
promedio	7.3	7.5	7.2	6.8	7.1	7.2	7.0	6.9

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo color, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.3.

Figura 4.1

Promedios de la evaluación sensorial del atributo color para la preparación de la solución de cura



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1 se puede observar que la muestra M2 obtiene el mayor puntaje (7.5) en la escala hedónica para el atributo color, mientras las demás muestras tiene valores promedio menores.

4.2.1.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CURA

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo color, los datos fueron extraídos de la tabla B.2.2 (ANEXO B.2).

Tabla 4.4

Análisis de varianza para el atributo color en el proceso de preparación de la solución de cura

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	120.75	79			
Tratamientos	3.55	7	0.507	0.365	2.166
Jueces	29.75	9	3.305	2.381	2.035
Error	87.45	63	1.388		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.4 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($0.365 < 2.166$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto existe evidencia estadística de variación una $p < 0.05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M2 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo color en la preparación de la solución de cura para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.1.3 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CURA

En la tabla 4.5, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo sabor de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.2 las calificaciones obtenidas de la tabla B.3.1.

Tabla 4.5

Evaluación sensorial del atributo sabor en el proceso de preparación de la solución de cura

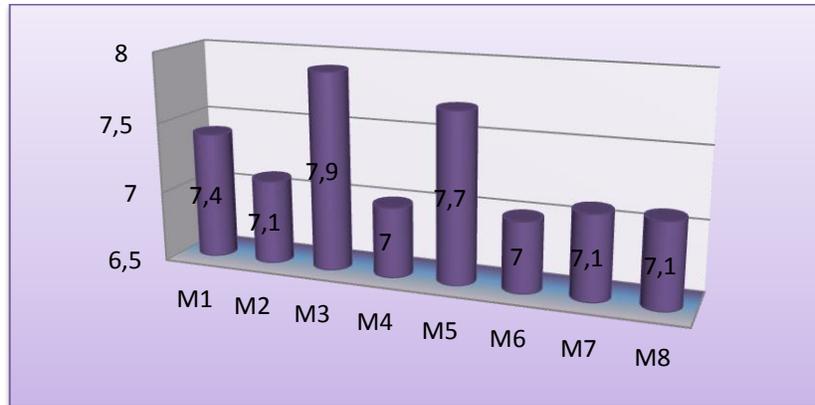
Jueces	TRATAMIENTOS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	7	5	8	6	7	8	9	8
2	8	7	8	9	8	8	7	7
3	8	7	9	7	8	6	7	7
4	7	7	7	7	9	7	5	6
5	6	9	8	6	7	7	7	5
6	9	7	7	9	6	7	8	7
7	9	8	9	6	7	6	9	8
8	6	8	9	7	8	5	6	8
9	7	7	7	7	8	8	6	7
10	7	6	7	6	9	8	7	8
promedio	7.4	7.1	7.9	7.0	7.7	7.0	7.1	7.1

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo sabor, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.5.

Figura 4.2

Promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor para la preparación de la solución de cura



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2 se puede observar que la muestra M3 obtiene el mayor puntaje (7.9) en la escala hedónica para el atributo sabor, mientras las demás muestras tienen valores promedio menores.

4.2.1.4 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CURA

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor, los datos fueron extraídos de la tabla B.3.2 (ANEXO B.3).

Tabla 4.6

Análisis de varianza para el atributo sabor en el proceso de preparación de la solución de cura

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	90.39	79			
Tratamientos	8.29	7	1.18	0.99	2.166
Jueces	7.025	9	0.78	0.655	2.035
Error	75.1	63	1.19		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.6 del análisis de varianza, el F_{cal} es menor a F_{tab} ($0.99 < 2.166$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto existe evidencia estadística de variación para una $p < 0.05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M3 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo sabor en la preparación de la solución de cura para las costillas ahumadas de cerdo.

Observando la figura 4.1 y la figura 4.2 se puede ver que la muestra M2 tiene mayor aceptabilidad para los jueces de acuerdo a atributo color (7.5), pero para el atributo sabor la que tiene mayor aceptabilidad es la muestra M3 (7.9), en comparación a las demás muestras; tomando en cuenta la composición se evidencia que la muestra M2 (30 gr de sal de cura, 3.5 gr de condimento y 1.5 gr de fosfatos) y la M3 (25 gr de sal de cura, 6.0 gr de condimento y 1.5 gr de fosfatos), son las muestras de mayor aceptabilidad por lo tanto son la mejor opción

4.2.2 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CURA FINAL PARA LA ELABORACIÓN DE COSTILLAS AHUMADAS DE CERDO

Para realizar la preparación final de la solución de cura para la elaboración de costillas ahumadas de cerdo, se tomó en cuenta tres muestras la muestra M2 (30 gr de sal de cura, 3.5 gr de condimento y 1.5 gr de fosfatos) ahora denominada M1 y la M3 (25 gr de sal de cura, 6.0 gr de condimento y 1.5 gr de fosfatos) ahora denominada M2 y la muestra patrón que es una costilla ahumada obtenida del mercado nacional.

Las muestras, fueron sometidos a evaluación sensorial compuesto por diez jueces no entrenados, los cuales calificaron los atributos de color y sabor.

4.2.2.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN FINAL DE LA SOLUCIÓN DE CURA

En la tabla 4.7, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo color de las muestras de costilla ahumada de cerdo, para la preparación final de las muestras, obtenidas de la tabla B.4.1.

Tabla 4.7

Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de preparación de la solución de cura final

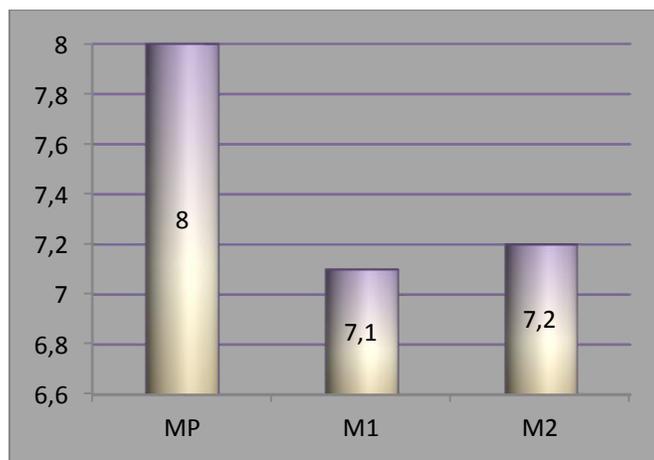
Jueces	TRATAMIENTOS		
	MP	M1	M2
1	9	8	7
2	7	7	8
3	7	6	8
4	8	6	7
5	9	7	6
6	9	8	7
7	8	9	9
8	7	7	6
9	8	7	6
10	8	7	7
promedio	8.0	7.2	7.1

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo color, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.7.

Figura 4.3

Promedios de la evaluación sensorial del atributo color para la preparación de la solución de cura final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3 se puede observar que la muestra MP obtiene el mayor puntaje (8) en la escala hedónica para el atributo color, mientras que la M1 (7.2) y la M2 (7.1) tienen valores promedio menores.

4.2.2.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA LA PREPARACIÓN FINAL DE LA SOLUCIÓN DE CURA

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo color, los datos fueron extraídos de la tabla B.4.2 (ANEXO B.4).

Tabla 4.8

Análisis de varianza para el atributo color en el proceso de preparación de la solución de cura

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	27.37	29			
Tratamientos	4.87	2	2.435	3.53	3.55
Jueces	10.07	9	1.12	1.62	2.22
Error	12.43	18	0.69		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.8 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($3.53 < 3.55$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto existe evidencia estadística de variación una $p < 0.05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M1 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo color en la preparación final de la solución de cura para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.2.3 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN FINAL DE LA SOLUCIÓN DE CURA

En la tabla 4.9, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizo del atributo sabor de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.2 las calificaciones obtenidas de la tabla B.5.1.

Tabla 4.9

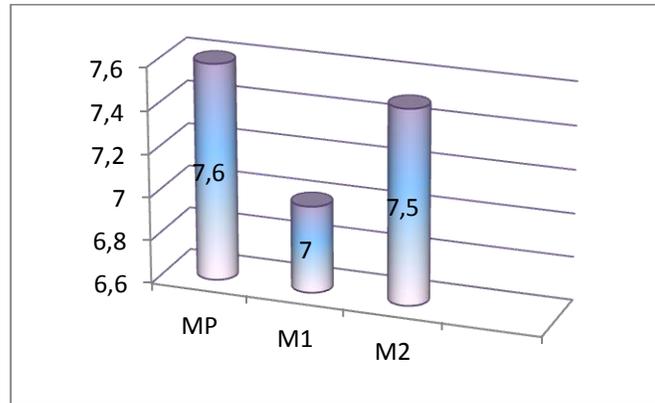
Evaluación sensorial del atributo sabor en el proceso de preparación de la solución de cura final

Jueces	TRATAMIENTOS		
	MP	M1	M2
1	7	7	7
2	8	6	7
3	7	6	7
4	7	8	8
5	9	8	6
6	9	8	8
7	8	7	7
8	7	6	7
9	7	7	9
10	7	7	9
promedio	7.6	7.0	7.5

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo sabor, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.9.

Figura 4.4
Promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor
para la preparación de la solución de cura final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4 se puede observar que la muestra MP obtiene el mayor puntaje (7.6) en la escala hedónica para el atributo sabor, mientras que la M1 (7) y la M2 (7.5) tienen valores promedio menores.

4.2.2.4 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA PREPARACIÓN FINAL DE LA SOLUCIÓN DE CURA

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor, los datos fueron extraídos de la tabla B.5.2 (ANEXO B.5).

Tabla 4.10

Análisis de varianza para el atributo sabor en el proceso de preparación final de la solución de cura

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	22.97	29			
Tratamientos	2.07	2	1.035	1.39	3.55
Jueces	7.64	9	0.85	1.15	2.22
Error	13.26	18	0.74		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.10 del análisis de varianza, el F_{cal} es menor a F_{tab} ($1.39 < 3.55$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para una $p < 0.05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M2 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo sabor en la preparación de la solución de cura para las costillas ahumadas de cerdo.

Observando la figura 4.3 y la figura 4.4 se puede ver que la muestra M1 tiene mayor aceptabilidad para los jueces de acuerdo a atributo color (7.2) mientras que la muestra M2 (7.1), pero para el atributo sabor la que tiene mayor aceptabilidad es la muestra M2 (7.5), en comparación a la muestra M1 (7); por lo tanto, se evidencia que la muestra M2 (30 gr de sal de cura, 3.5 gr de condimento y 1.5 gr de fosfatos) es la mejor opción para la preparación final de la solución de cura en la elaboración de costillas ahumadas de cerdo.

4.2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CURA

En la siguiente tabla se muestra en la matriz los resultados de las variables para la preparación de solución de cura, cuyo diseño corresponde a 2^3 con dos niveles de variación de la concentración de sal, los datos fueron sacados de la tabla D.2.1 (ANEXO D.2).

Tabla 4.11

Diseño experimental para la preparación de la solución de cura

CORRIDAS	TRATAMIENTOS	FACTORES			REPLICA I	REPLICA II	TOTAL RESPUESTAS
		S	C	F			
1	(1)	-1	-1	-1	15	19	34
2	S	+1	-1	-1	13	13	26
3	C	-1	+1	-1	20	19	39
4	SC	+1	+1	-1	16	17	33
5	F	-1	-1	+1	12	16	28
6	SF	+1	-1	+1	15	13	28
7	CF	-1	+1	+1	14	15	29
8	SCF	+1	+1	+1	13	12	25
Total							242

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4.12 se muestran los resultados del análisis de varianza del diseño 2^3 para la concentración de sal, cuya resolución se encuentra en el anexo D.2.

Tabla 4.12

Análisis de varianza para la preparación de la solución de cura

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F _o CALCULADO	F _{TAB} TABULADO
Total	97.75	15			
Factor S	20.25	1	20.25	9.375	5.32
Factor C	6.25	1	6.25	2.894	5.32
Factor F	30.25	1	30.25	14.005	5.32
Interacción SC	0.25	1	0.25	0.116	5.32
Interacción SF	9	1	9	4.167	5.32
Interacción CF	12.25	1	12.25	5.671	5.32
Interacción SCF	2.25	1	2.25	1.042	5.32
Error	17.25	8	2.16		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4.12 se observa que para el factor S y el factor F $F_{cal} > F_{tab}$; lo cual indica que se rechaza la H_p teniendo la evidencia estadística de que existen diferencias significativas entre los factores analizados.

También se puede observar en la tabla que para el factor C, $F_{cal} < F_{tab}$; lo cual nos indica que se acepta la H_p , teniendo la evidencia de variación de este factor en el proceso de elaboración de costillas de cerdo ahumadas.

En cuanto a las interacciones, se observa que para las interacciones SC, SF y SCF, $F_{cal} < F_{tab}$, lo que indica que se acepta la H_p ; y no existe evidencia estadística de variación, siendo al contrario para la interacción CF.

Se puede decir que los factores S (sal de cura) y F (fosfatos) son importantes en el proceso de elaboración de costillas de cerdo ahumadas.

4.2.4 DETERMINACION DEL PROCESO DE CURADO DE LAS COSTILLAS AHUMADAS DE CERDO

Para determinar el curado en la elaboración de las costillas ahumadas de cerdo se elaboró cuatro prototipos, en la etapa de curado las variables son tiempo y temperatura de curado, con estas variantes los prototipos se señalan en la siguiente tabla:

Tabla 4.13
Variables para el proceso de curado

MUESTRA	VARIABLES	
	TIEMPO DE CURADO	TEMPERATURA DE CURADO
M1	3	4
M2	4	4
M3	3	6
M4	4	6

Fuente: elaboración propia

Los prototipos del curado, fueron sometidos a evaluación sensorial compuesto por diez jueces no entrenados, los cuales calificaron los atributos de color y sabor.

4.2.4.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO CURADO

En la tabla 4.14, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo color de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.13 y de las calificaciones son obtenidas de la tabla B.6.1.

Tabla 4.14

Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de curado

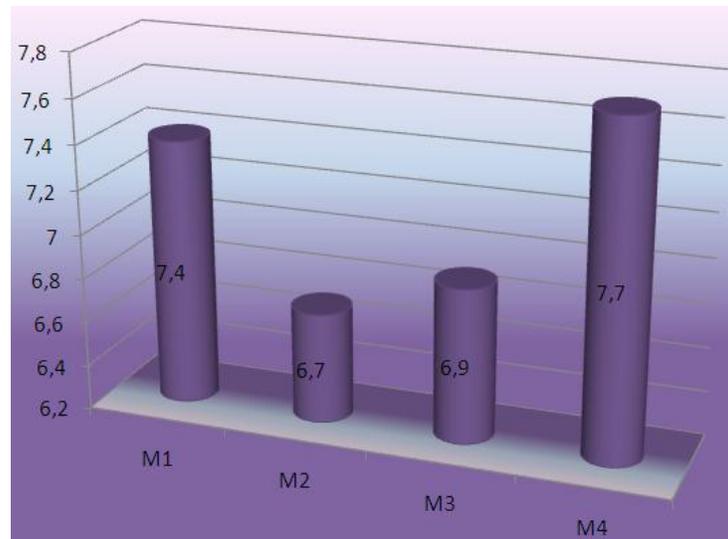
Jueces	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	7	5	8	7
2	8	8	7	7
3	8	8	8	8
4	8	7	7	7
5	8	6	7	9
6	8	8	8	9
7	7	8	7	8
8	6	5	5	7
9	6	6	6	8
10	8	6	6	7
promedio	7.4	6.7	6.9	7.7

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo color, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.14.

Figura 4.5

Promedios de la evaluación sensorial del atributo color para la etapa de curado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5 se puede observar que la muestra M4 obtiene el mayor puntaje (7.7) en la escala hedónica para el atributo color, mientras las demás muestras tiene valores promedio menores.

4.2.4.2 DETERMINACIÓN DE LA PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO COLOR PARA DETERMINAR EL PROCESO DE CURADO

En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan, para el atributo color en el proceso de curado, los datos fueron extraídos de la tabla B.6.5 (ANEXO B.6).

Tabla 4.15

Prueba de Duncan del atributo color para el proceso de curado

TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICANCIA
M4-M1	0.3<0.694	No significativo
M4-M3	0.8>0.713	Significativo
M4-M2	1.0>0.748	Significativo
M1-M3	0.5<0.694	No significativo
M1-M2	0.7<0.713	No significativo
M3-M2	0.2<0.694	No significativo

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.15 se determina que existe evidencia estadística entre los tratamientos, M4-M3 y M4-M2 que son significativos en comparación a los tratamientos; M4-M1 , M1-M3 , M1-M2 y M3-M2, que no son significativos para un límite de confianza 95% .Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M4 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo color en la preparación de la solución de cura para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.4.3 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO DE CURADO

En la tabla 4.16, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo sabor de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.13 las calificaciones obtenidas de la tabla B.7.1.

Tabla 4.16

Evaluación sensorial del atributo sabor en el proceso de curado

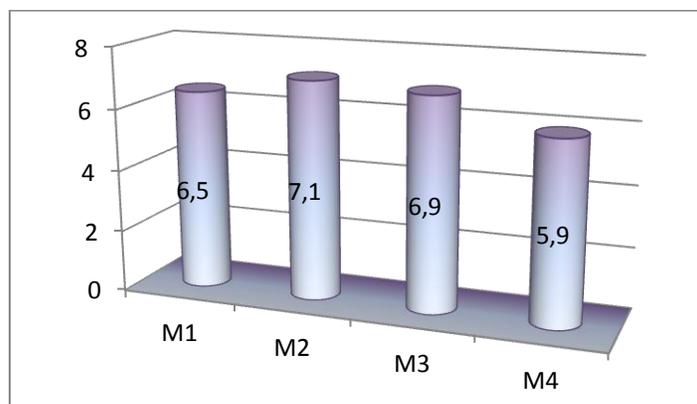
Jueces	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	7	8	6	6
2	5	8	8	6
3	8	8	6	5
4	6	8	8	7
5	7	6	7	5
6	6	8	6	6
7	7	7	7	6
8	7	7	7	5
9	6	5	6	6
10	6	6	8	7
promedio	6.5	7.1	6.9	5.9

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo sabor, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.16.

Figura 4.6

Promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor para el curado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6 se puede observar que la muestra M4 obtiene el mayor puntaje (7.1) en la escala hedónica para el atributo sabor, mientras las demás muestras tiene valores promedio menores.

4.2.4.4 DETERMINACION DE LA PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR EL PROCESO DE CURADO

En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan, para el atributo sabor en el proceso de curado, los datos fueron extraídos de la tabla B.7.5 (ANEXO B.7).

Tabla4.17

Prueba de Duncan del atributo sabor en el proceso de curado

tratamientos	valores	Significancia
M2-M3	0.2<0.859	No significativo
M2-M1	0.6<0.883	No significativo
M2-M4	1.2>0.329	Significativo
M3-M1	0.4<0.859	No significativo
M3-M4	1.0>0.883	Significativo
M1-M4	0.6<0.859	No significativo

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.17 se determina que existe evidencia estadística entre los tratamientos, M2-M4 y M3-M4 que si son significativos en comparación a los tratamientos; M2-M3 , M2-M1 , M3-M1 y M1-M4, que no son significativos para un límite de confianza 95% .Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M2 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo color en la preparación de la solución de cura para las costillas ahumadas de cerdo.

Observando la figura 4.5 y la figura 4.6 se puede ver que la muestra M4 tiene mayor aceptabilidad para los jueces de acuerdo a atributo color(7.7), pero para el atributo sabor la que tiene mayor aceptabilidad es la muestra M2(7.1) , en comparación a las demás muestras; tomando en cuenta la composición se evidencia que la muestra M4(4 días a 6 grados centígrados) y la M2(4 idas a 4 grados centígrados), son las muestras de mayor aceptabilidad por lo tanto son la mejor opción.

4.2.5 DETERMINACIÓN DEL PROCESO DE CURADO FINAL DE LAS COSTILLAS AHUMADAS DE CERDO

Para realizar el proceso de curado final para la elaboración de costillas ahumadas de cerdo, se tomó en cuenta dos muestras; M4 (4 días a 6 grados Celsius) ahora denominada M1 y la M2 (4 días a 4 grados Celsius) ahora denominada M2.

Las muestras, fueron sometidos a evaluación sensorial compuesto por diez jueces no entrenados, los cuales calificaron los atributos de color y sabor.

4.2.5.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE CURADO FINAL

En la tabla 4.18 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo color de las muestras de costilla ahumada de cerdo, para el curado final de las muestras, obtenidas de la tabla B.8.1.

Tabla 4.18

Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de curado final

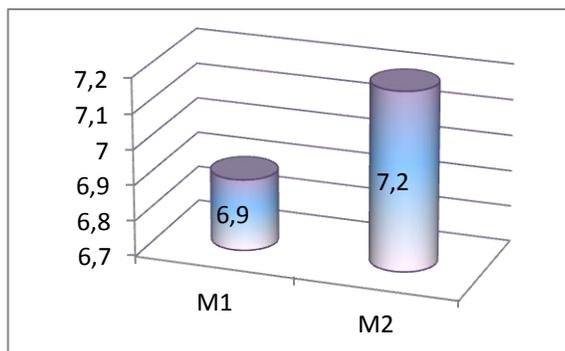
Jueces	TRATAMIENTOS	
	M1	M2
1	7	6
2	7	7
3	6	7
4	6	8
5	9	7
6	8	9
7	6	6
8	7	8
9	6	7
10	7	7
promedio	6.9	7.2

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo color, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.18.

Figura 4.7

Promedios de la evaluación sensorial del atributo color para el proceso de curado final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7 se puede observar que la muestra M2 obtiene el mayor puntaje (7.2) en la escala hedónica para el atributo color, mientras que la M1 (6.9) tiene menor promedio.

4.2.5.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA EL PROCESO DE CURADO FINAL

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo color, los datos fueron extraídos de la tabla B.8.2 (ANEXO B.8).

Tabla 4.19

Análisis de varianza para el atributo color en el proceso de curado final

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	16.95	19			
Tratamientos	0.45	1	0.45	0.669	5.12
Jueces	10.45	9	1.161	1.728	3.18
Error	6.05	9	0.672		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.19 del análisis de varianza, el F_{cal} es menor a F_{tab} ($0.669 < 5.12$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto existe evidencia estadística de variación para un límite de confianza del 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M2 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo color en el proceso de curado final para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.5.3 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO DE CURADO FINAL

En la tabla 4.20, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo sabor de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente, las calificaciones son obtenidas de la tabla B.9.1.

Tabla 4.20

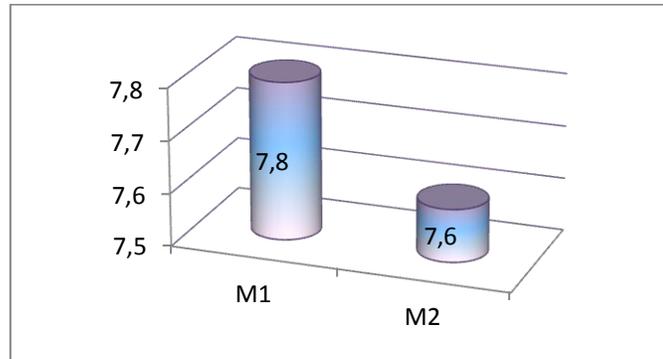
Evaluación sensorial del atributo sabor en el proceso de curado final

Jueces	TRATAMIENTOS	
	M1	M2
1	8	7
2	8	7
3	7	7
4	6	6
5	8	7
6	9	8
7	9	8
8	8	9
9	7	8
10	8	9
promedio	7.8	7.6

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo sabor, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.20.

Figura 4.8
Promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor para el proceso de curado final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8 se puede observar que la muestra M1 obtiene el mayor puntaje (7.8) en la escala hedónica para el atributo sabor, mientras que la M2 (7.6) tiene un promedio menor.

4.2.5.4 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO SABOR PARA EL PROCESO DE CURADO FINAL

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor, los datos fueron extraídos de la tabla B.9.2 (ANEXO B.9).

Tabla 4.21

Análisis de varianza para el atributo sabor en el proceso de curado final

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	16.2	19			
Tratamientos	0.2	1	0.2	0.474	5.12
Jueces	12.2	9	1.36	3.24	3.18
Error	3.8	9	0.42		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.21 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($0.474 < 5.12$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para un límite de confianza de 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M1

obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo sabor en la preparación de la solución de cura para las costillas ahumadas de cerdo.

Observando la figura 4.7 y la figura 4.8 se puede ver que la muestra M2 tiene mayor aceptabilidad para los jueces de acuerdo a atributo color (7.2) mientras que la muestra M1 (7.8) para el atributo sabor es la que tiene mayor aceptabilidad; observando todos los resultados se puede evidenciar que la muestra M2 (4 días a 4 grados Celsius), es la mejor opción para el proceso de curado en la elaboración de costillas ahumadas de cerdo.

4.2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL PROCESO DE CURADO

En la siguiente tabla se muestra en la matriz los resultados de las variables para la preparación de solución de cura, cuyo diseño corresponde a 2^2 con dos niveles de variación, los datos fueron sacados de la tabla D.3.1 (ANEXO D.3).

Tabla 4.22

Diseño experimental en la operación de curado

CORRIDAS	COMBINACION DE TRATAMIENTOS	FACTORES		REPLICA I	REPLICA II	TOTAL RESPUESTAS
		t	T			
1	(1)	-1	-1	11.36	10.96	22.32
2	t	+1	-1	9.38	10.32	19.7
3	T	-1	+1	9.48	9.25	18.73
4	t*T	+1	+1	10.10	8.57	18.67

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.23 se muestran los resultados del análisis de varianza del diseño 2^2 para el contenido de humedad, cuya resolución se encuentra en el anexo D.3.

Tabla 4.24

Análisis de varianza para la operación de curado

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F_O CALCULADO	F_{TAB} TABULADO
Total	6.1	7			
Factor t	0.898	1	0.898	2.09	7.71
Factor T	2.668	1	2.668	6.22	7.71
Interacción tT	0.819	1	0.819	1.91	7.71
Error	1.715	4	0.429		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.24 se observa que para los factores t y T, $F_{cal} < F_{tab}$; lo cual nos indica que se acepta la H_0 , teniendo la evidencia de variación de este factor en el proceso de elaboración de costillas de cerdo ahumadas. En cuanto a las interacciones, se observa que para la interacción tT, $F_{cal} < F_{tab}$, lo que indica que se acepta la H_0 ; y no existe evidencia estadística de variación.

Por lo tanto no existe evidencia estadística de variación entre los factores tiempo-temperatura en el proceso de curado para un nivel de significancia de 95%.

4.2.7 DETERMINACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE LAS COSTILLAS AHUMADAS DE CERDO

Para determinar el proceso de secado en la elaboración de las costillas ahumadas de cerdo se elaboro cuatro, en la etapa de secado las variables son tiempo y temperatura de secado, con estas variantes los prototipos se señalan en la siguiente tabla:

Tabla 4.25

VARIABLES para el proceso de secado

MUESTRA	VARIABLES	
	TIEMPO DE SECADO	TEMPERATURA DE SECADO
M1	2	4
M2	2.5	4
M3	2	6
M4	2.5	6

Fuente: elaboración propia

Los prototipos del secado, fueron sometidos a evaluación sensorial compuesto por diez jueces no entrenados, los cuales calificaron el atributos de textura.

4.2.7.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE SECADO

En la tabla 4.26, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo textura de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.25 y las calificaciones son obtenidas de la tabla B.10.1.

Tabla 4.26

Evaluación sensorial del atributo textura en el proceso de secado

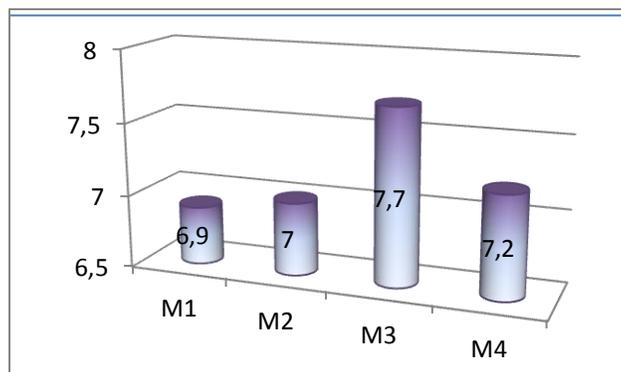
Jueces	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	8	7	9	8
2	8	8	7	7
3	7	9	7	7
4	6	7	8	7
5	6	7	8	6
6	6	7	8	6
7	8	7	6	8
8	7	6	7	9
9	7	5	9	7
10	6	7	8	7
promedio	6.9	7.0	7.7	7.2

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo textura, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.26.

Figura 4.9

Promedios de la evaluación sensorial del atributo textura para la etapa de secado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9 se puede observar que la muestra M3 obtiene el mayor puntaje (7.7) en la escala hedónica para el atributo textura, mientras las demás muestras tienen valores promedio menores.

4.2.7.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA EL PROCESO DE SECADO

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo textura, los datos fueron extraídos de la tabla B.10.2 (ANEXO B.10).

Tabla 4.27

Análisis de varianza para el atributo textura en el proceso de secado

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	36.4	39			
Tratamientos	3.8	3	1.27	1.26	2.96
Jueces	5.4	9	0.6	0.59	2.25
Error	27.2	27	1.01		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.27 del análisis de varianza, el F_{cal} es menor a F_{tab} ($1.26 < 2.96$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto existe evidencia estadística de variación para un límite de confianza de 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M3 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo textura en el proceso de secado para las costillas ahumadas de cerdo.

Observando la figura 4.27 se puede ver que la muestra M3 tiene mayor aceptabilidad para los jueces de acuerdo a atributo textura (7.7), también la muestra M4 (7.2), pero las muestras M1 y M2 están por debajo, por lo tanto la muestra M3 (2 horas a 6 grados Celsius) y la muestra M4 (2.5 horas a 6 grados Celsius), son la mejor opción para el proceso de secado en la elaboración de costillas ahumadas de cerdo.

4.2.8 DETERMINACION DEL PROCESO DE SECADO FINAL DE LAS COSTILLAS AHUMADAS DE CERDO

Para realizar el proceso de secado final para la elaboración de costillas ahumadas de cerdo, se tomo en cuenta dos muestras; M3 (2 horas a 6 grados Celsius) ahora denominada M1 y la muestra M4 (2.5 horas a 6 grados centígrados) ahora denominada M2.

Las muestras, fueron sometidos a evaluación sensorial compuesto por diez jueces no entrenados, los cuales calificaron el atributo de textura.

4.2.8.1 ANALISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE SECADO FINAL

En la tabla 4.28 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizo del atributo textura de las muestras de costilla ahumada de cerdo, para el secado final de las muestras, obtenidas de la tabla B.11.1.

Tabla 4.28

Evaluación sensorial del atributo textura en el proceso de secado final

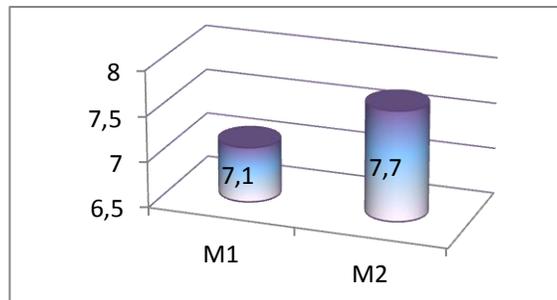
Jueces	TRATAMIENTOS	
	M1	M2
1	9	8
2	7	8
3	7	8
4	6	7
5	7	9
6	6	7
7	8	9
8	7	6
9	8	8
10	6	7
promedio	7.1	7.7

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo color, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.28.

Figura 4.10

Promedios de la evaluación sensorial del atributo textura para el proceso de secado final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10 se puede observar que la muestra M2 obtiene el mayor puntaje (7.7) en la escala hedónica para el atributo textura, mientras que la M1 (7.1) tiene menor promedio.

4.2.8.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA EL PROCESO DE SECADO FINAL

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo textura, los datos fueron extraídos de la tabla B.11.2 (ANEXO B.11).

Tabla B.4.29

Análisis de varianza para el atributo textura en el proceso de secado final

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	18.8	19			
Tratamientos	1.8	1	1.8	3.83	5.12
Jueces	12.8	9	1.42	3.02	3.18
Error	4.2	9	0.47		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.19 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($3.83 < 5.12$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para un límite de confianza del 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M2 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo textura en el proceso de secado final para las costillas ahumadas de cerdo.

Observando la figura 4.10 se puede ver que la muestra M2 tiene mayor aceptabilidad para los jueces de acuerdo a atributo textura (7.7), por lo tanto, se puede evidenciar que la muestra M2 (2.5 horas a 6 grados centígrados), es la mejor opción para el proceso de secado en la elaboración de costillas ahumadas de cerdo.

4.2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL PROCESO DE SECADO

En la siguiente tabla se muestra en la matriz los resultados de las variables para la preparación de solución de cura, cuyo diseño corresponde a 2^2 con dos niveles de variación, los datos fueron sacados de la tabla D.4.1 (ANEXO D.4).

Tabla 4.30

Diseño experimental en la operación de secado

CORRIDAS	COMBINACION DE TRATAMIENTOS	FACTORES		REPLICA I	REPLICA II	TOTAL RESPUESTAS
		t	T			
1	(1)	-1	-1	10.89	11.59	22.48
2	t	+1	-1	11.26	10.33	21.59
3	T	-1	+1	9.35	10.76	20.11
4	t*T	+1	+1	11.85	9.42	21.27

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.30 se muestran los resultados del análisis de varianza del diseño 2^2 para el contenido de humedad, cuya resolución se encuentra en el anexo D.4.

Tabla 4.31

Análisis de varianza para la operación de secado

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F _O CALCULADO	F _{TAB} TABULADO
Total	6.063	7			
Factor t	0.009	1	0.009	0.008	7.71
Factor T	0.905	1	0.905	0.783	7.71
Interacción tT	0.525	1	0.525	0.454	7.71
Error	4.624	4	1.156		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.31 se observa que para los factores t y T, $F_{cal} < F_{tab}$; lo cual nos indica que se acepta la H_p , teniendo la evidencia de variación de este factor en el proceso de elaboración

de costillas de cerdo ahumadas. En cuanto a la interacción, se observa que para $tT, F_{cal} < F_{tab}$, lo que indica que se acepta la H_p .

Por lo tanto, no existe evidencia estadística de variación entre los factores tiempo-temperatura en el proceso de secado para un nivel de confianza del 95%.

4.2.10 DETERMINACIÓN DEL PROCESO DE AHUMADO DE LAS COSTILLAS AHUMADAS DE CERDO

Para determinar el ahumado en la elaboración de las costillas ahumadas de cerdo se elaboró cuatro prototipos, en la etapa de curado las variables son tiempo y temperatura de ahumado, con estas variantes los prototipos se señalan en la siguiente tabla:

Tabla 4.32

VARIABLES para el proceso de ahumado

MUESTRA	VARIABLES	
	TIEMPO DE AHUMADO	TEMPERATURA DE AHUMADO
M1	2	80
M2	2.5	80
M3	2	85
M4	2.5	85

Fuente: elaboración propia

Los prototipos para el ahumado, fueron sometidos a evaluación sensorial compuesto por diez jueces no entrenados, los cuales calificaron los atributos de color, aroma, sabor y aspecto.

4.2.10.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO AHUMADO

En la tabla 4.33, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo color de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.32 y las calificaciones son obtenidas de la tabla B.12.1.

Tabla 4.33

Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de ahumado

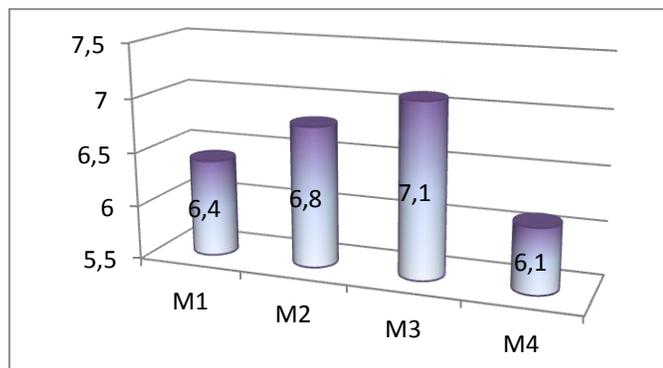
Jueces	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	6	7	6	6
2	7	9	7	6
3	8	6	7	8
4	5	8	8	7
5	8	7	8	7
6	5	7	8	6
7	7	6	7	4
8	8	5	7	3
9	5	5	8	7
10	5	8	5	7
promedio	6.4	6.8	7.1	6.1

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo color, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.33.

Figura 4.11

Promedios de la evaluación sensorial del atributo color para la etapa de ahumado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11 se puede observar que la muestra M3 obtiene el mayor puntaje (7.1) en la escala hedónica para el atributo color, mientras las demás muestras tienen valores promedio menores.

4.2.10.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA EL PROCESO DE AHUMADO

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo color, los datos fueron extraídos de la tabla B.12.2 (ANEXO B.12).

Tabla 4.34

Análisis de varianza para el atributo color en el proceso de ahumado

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	67.6	39			
Tratamientos	5.8	3	1.93	1.07	2.96
Jueces	13.1	9	1.46	0.81	2.25
Error	48.7	27	1.8		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.34 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($1.07 < 2.96$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para un límite de confianza de 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M3 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo color en el proceso de ahumado para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.10.3 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO AHUMADO

En la tabla 4.35, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo aroma de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.32 y las calificaciones son obtenidas de la tabla B.13.1.

Tabla 4.35

Evaluación sensorial del atributo aroma en el proceso de ahumado

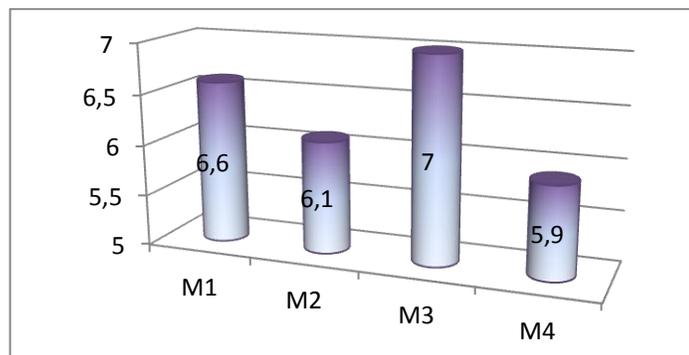
Jueces	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	8	6	8	4
2	7	9	7	7
3	4	5	9	5
4	9	6	5	7
5	7	8	7	7
6	8	5	6	7
7	8	5	8	6
8	6	6	4	5
9	5	7	8	6
10	4	4	8	5
promedio	6.6	6.1	7.0	5.9

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo aroma, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.35.

Figura 4.12

Promedios de la evaluación sensorial del atributo aroma para la etapa de ahumado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.12 se puede observar que la muestra M3 obtiene el mayor puntaje (7) en la escala hedónica para el atributo aroma, mientras las demás muestras tienen valores promedio menores.

4.2.10.4 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AROMA PARA EL PROCESO DE AHUMADO

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo aroma, los datos fueron extraídos de la tabla B.13.2 (ANEXO B.13).

Tabla 4.36

Análisis de varianza para el atributo aroma en el proceso de ahumado

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	89.6	39			
Tratamientos	7.4	3	2.47	1.09	2.96
Jueces	21.1	9	2.34	1.04	2.25
Error	61.1	27	2.26		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.36 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($1.09 < 2.96$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para un límite de confianza de 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M3 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo aroma en el proceso de ahumado para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.10.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO AHUMADO

En la tabla 4.37, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo sabor de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.32 y las calificaciones son obtenidas de la tabla B.14.1.

Tabla 4.37

Evaluación sensorial del atributo sabor en el proceso de ahumado

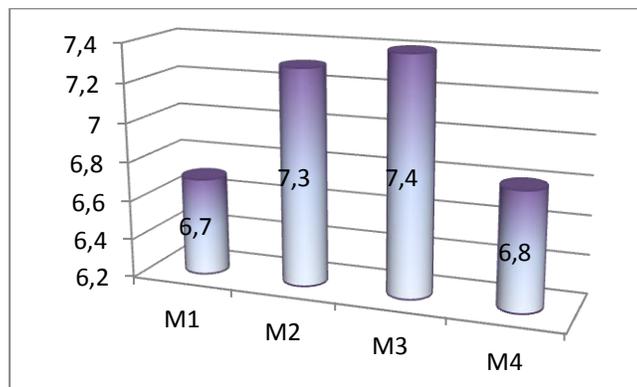
Jueces	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	7	7	9	8
2	7	8	7	6
3	7	8	8	8
4	5	8	8	6
5	7	9	6	7
6	8	7	8	6
7	7	6	6	7
8	8	8	7	5
9	6	5	9	7
10	5	7	6	8
promedio	6.7	7.3	7.4	6.8

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo sabor, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.37.

Figura 4.13

Promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor para la etapa de ahumado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.13 se puede observar que la muestra M3 obtiene el mayor puntaje (7.4) en la escala hedónica para el atributo aroma, mientras las demás muestras tienen valores promedio menores.

4.2.10.6 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO SABOR PARA EL PROCESO DE AHUMADO

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor, los datos fueron extraídos de la tabla B.14.2 (ANEXO B.14).

Tabla 4.38

Análisis de varianza para el atributo sabor en el proceso de ahumado

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	47.9	39			
Tratamientos	3.7	3	1.23	0.9	2.96
Jueces	7.4	9	0.82	0.6	2.25
Error	36.8	27	1.36		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.38 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($0.9 < 2.96$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para un límite de confianza de 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M3 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo sabor en el proceso de ahumado para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.10.7 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO ASPECTO EN EL PROCESO DE AHUMADO

En la tabla 4.39, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo aspecto de las muestras de costilla ahumada de cerdo, con la preparación de las muestras de acuerdo a la tabla 4.32 y las calificaciones son obtenidas de la tabla B.15.1.

Tabla 4.39

Evaluación sensorial del aspecto en el proceso de ahumado

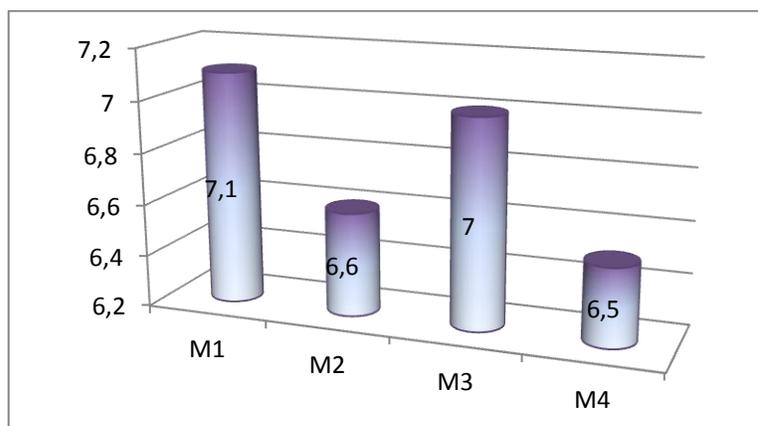
Jueces	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	8	8	5	8
2	7	8	7	6
3	8	6	7	8
4	5	5	8	7
5	8	7	9	8
6	7	7	8	6
7	7	6	7	4
8	8	5	7	5
9	5	6	8	7
10	8	8	4	6
promedio	7.1	6.6	7.0	6.5

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo aspecto, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.39.

Figura 4.15

Promedios de la evaluación sensorial del atributo aspecto para la etapa de ahumado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15 se puede observar que la muestra M1 obtiene el mayor puntaje (7.1) en la escala hedónica para el atributo aspecto, mientras las demás muestras tienen valores promedio menores.

4.2.10.8 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO ASPECTO PARA EL PROCESO DE AHUMADO

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo aspecto, los datos fueron extraídos de la tabla B.15.2 (ANEXO B.15).

Tabla 4.40

Análisis de varianza para el aspecto en el proceso de ahumado

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	64.4	39			
Tratamientos	2.6	3	0.87	0.49	2.96
Jueces	13.4	9	1.49	0.83	2.25
Error	48.4	27	1.79		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.40 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($0.49 < 2.96$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para un límite de confianza de 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M1 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo aspecto en el proceso de ahumado para las costillas ahumadas de cerdo

Observando la figura 4.12, la figura 4.13, la figura 4.14 y la figura 4.15 se puede observar que la muestra M3 tiene mayor aceptabilidad para los jueces de acuerdo a los atributos color(7.1), sabor(7.4) y aroma(7.0), pero para el atributo aspecto la que tiene mayor aceptabilidad es la muestra M1(7.1), en comparación a las demás muestras; tomando en cuenta la composición se evidencia que la muestra M3(2 hora a 85 grados celcius) y la M1(2 horas a 80 grados celcius), son las muestras de mayor aceptabilidad por lo tanto son la mejor opción.

4.2.11 DETERMINACIÓN DEL PROCESO DE AHUMADO FINAL DE LAS COSTILLAS AHUMADAS DE CERDO

Para realizar el proceso de ahumado final para la elaboración de costillas ahumadas de cerdo, se tomo en cuenta dos muestras; M3 (2 hora a 85 grados centigrados) ahora denominada M1 y la M1 (2 horas a 80) ahora denominada M2.

Las muestras, fueron sometidos a evaluación sensorial compuesto por diez jueces no entrenados, los cuales calificaron los atributos de color, aroma, sabor y aspecto.

4.2.11.1ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO AHUMADO FINAL

En la tabla 4.41, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo color de las muestras de costilla ahumada de cerdo, las calificaciones son obtenidas de la tabla B.16.1.

Tabla 4.41

Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de ahumado final

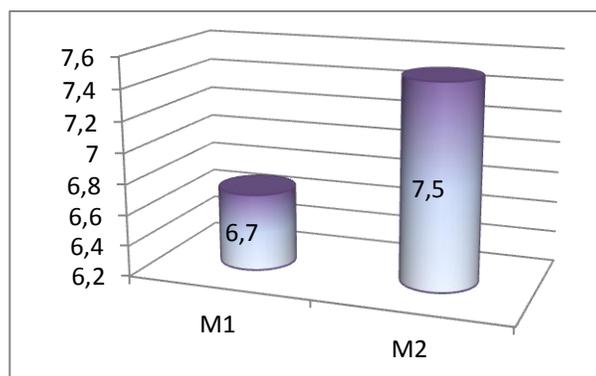
Jueces	TRATAMIENTOS	
	M1	M2
1	8	9
2	5	8
3	8	9
4	5	8
5	7	6
6	7	7
7	7	7
8	7	8
9	6	7
10	7	6
promedio	6.7	7.5

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo color, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.41.

Figura 4.16

Promedios de la evaluación sensorial del atributo color para la etapa de ahumado final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16 se puede observar que la muestra M2 obtiene el mayor puntaje (7.5) en la escala hedónica para el atributo color, mientras la muestra M1 tiene un promedio menor.

4.2.11.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA EL PROCESO DE AHUMADO FINAL

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo color, los datos fueron extraídos de la tabla B.16.2 (ANEXO B.16).

Tabla 4.42

Análisis de varianza para el atributo color en el proceso de ahumado final

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	23.8	19			
Tratamientos	3.2	1	3.2	3.27	5.12
Jueces	11.8	9	1.31	1.34	3.18
Error	8.8	9	0.98		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.42 del análisis de varianza, el F_{cal} es menor a F_{tab} ($3.27 < 5.12$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para un límite de confianza de 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M2 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo color en el proceso de ahumado final para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.11.3 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO AHUMADO FINAL

En la tabla 4.43, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo aroma de las muestras de costilla ahumada de cerdo, las calificaciones son obtenidas de la tabla B.17.1.

Tabla 4.43

Evaluación sensorial del atributo aroma en el proceso de ahumado final

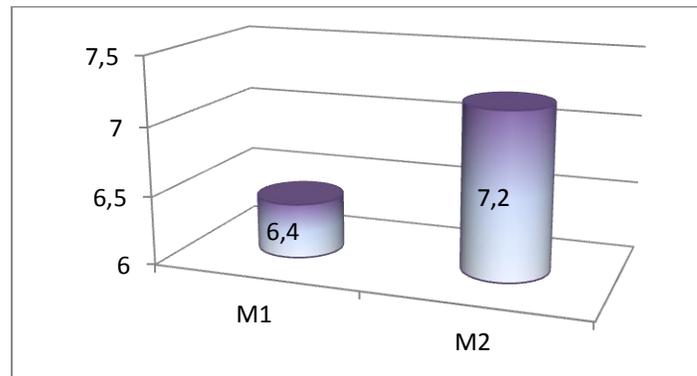
Jueces	TRATAMIENTOS	
	M1	M2
1	7	7
2	7	9
3	6	8
4	5	6
5	7	8
6	5	7
7	5	8
8	7	7
9	6	6
10	9	6
promedio	6.4	7.2

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo aroma, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.43.

Figura 4.17

Promedios de la evaluación sensorial del atributo aroma para la etapa de ahumado final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.17 se puede observar que la muestra M2 obtiene el mayor puntaje (7.2) en la escala hedónica para el atributo aroma, mientras que la muestra M1 tiene un promedio menor.

4.2.11.4 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AROMA PARA EL PROCESO DE AHUMADO FINAL

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo aroma, los datos fueron extraídos de la tabla B.17.2 (ANEXO B.13).

Tabla 4.44

Análisis de varianza para el atributo aroma en el proceso de ahumado final

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	27.2	19			
Tratamientos	3.2	1	3.2	2.25	5.12
Jueces	11.2	9	1.24	0.87	3.18
Error	12.8	9	1.42		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.44 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($2.25 < 5.12$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para un

límite de confianza de 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M2 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo aroma en el proceso de ahumado final para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.11.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO AHUMADO FINAL

En la tabla 4.45, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo sabor de las muestras de costilla ahumada de cerdo, las calificaciones son obtenidas de la tabla B.18.1.

Tabla 4.45

Evaluación sensorial del atributo sabor en el proceso de ahumado final

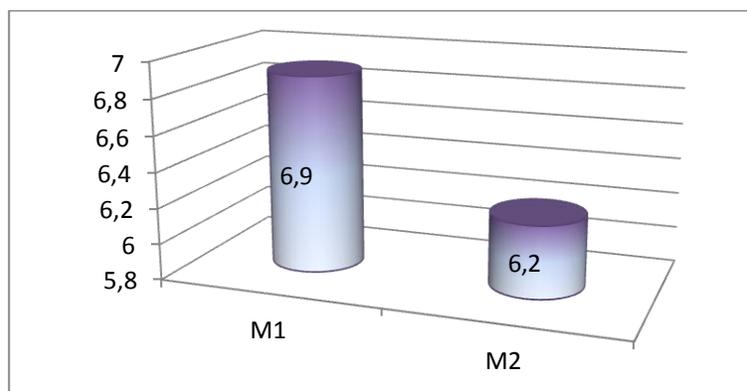
Jueces	TRATAMIENTOS	
	M1	M2
1	5	8
2	9	6
3	8	6
4	7	6
5	7	4
6	7	7
7	7	6
8	8	5
9	6	9
10	5	5
promedio	6.9	6.2

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo sabor, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.45.

Figura 4.18

Promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor para la etapa de ahumado final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.18 se puede observar que la muestra M1 obtiene el mayor puntaje (6.9) en la escala hedónica para el atributo sabor, mientras que la muestra M2 (6.2) tiene un valor menor.

4.2.11.6 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO SABOR PARA EL PROCESO DE AHUMADO FINAL

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor, los datos fueron extraídos de la tabla B.18.2 (ANEXO B.18).

Tabla 4.46

Análisis de varianza para el atributo sabor en el proceso de ahumado final

Fuente de varianza(FV)	Suma de cuadrados(SC)	Grados de libertad(GL)	Cuadrados medios(CM)	Fcal	Ftab
Total	36.95	19			
Tratamientos	2.45	1	2.45	0.96	5.12
Jueces	11.45	9	1.27	0.496	3.18
Error	23.05	9	2.56		

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.46 del análisis de varianza, el Fcal es menor a Ftab ($0.96 < 5.12$) para los tratamientos (muestras), por lo tanto, existe evidencia estadística de variación para un

límite de confianza de 95%. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M1 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo sabor en el proceso de ahumado final para las costillas ahumadas de cerdo.

4.2.11.7 ANÁLISIS SENSORIAL DE ATRIBUTO ASPECTO EN EL PROCESO DE AHUMADO FINAL

En la tabla 4.47, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que se realizó del atributo aspecto de las muestras de costilla ahumada de cerdo, las calificaciones son obtenidas de la tabla B.19.1.

Tabla 4.47

Evaluación sensorial del aspecto en el proceso de ahumado final

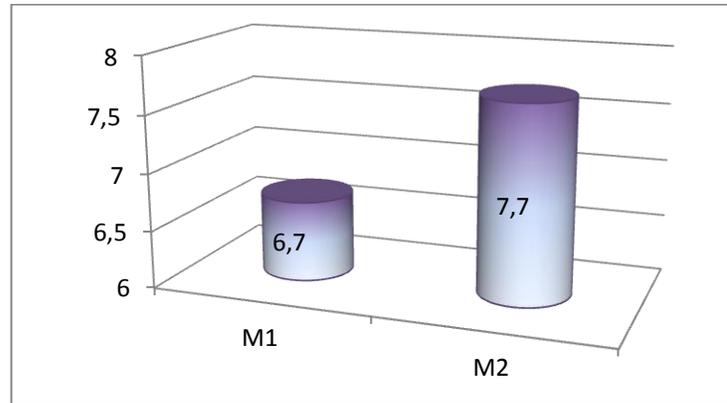
Jueces	TRATAMIENTOS	
	M2	M4
1	8	8
2	5	7
3	8	7
4	7	7
5	6	7
6	8	9
7	6	8
8	5	7
9	6	8
10	8	9
promedio	6.7	7.7

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los promedios de la evaluación sensorial para el atributo aspecto, expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.47.

Figura 4.19

Promedios de la evaluación sensorial del atributo aspecto para la etapa de ahumado final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.19 se puede observar que la muestra M2 obtiene el mayor puntaje (7.7) en la escala hedónica para el atributo aspecto, mientras la muestra M1 (6.7) tiene un promedio menor.

4.2.11.8 DETERMINACIÓN DE LA PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO ASPECTO EN EL PROCESO DE AHUMADO FINAL

En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan, para el atributo aspecto en el proceso de ahumado final, los datos fueron extraídos de la tabla B.19.5 (ANEXO B.19).

Tabla 4.48

Prueba de Duncan del aspecto en el proceso de ahumado final

tratamientos	valores	Significancia
M4-M2	$1.0 > 0.757$	Significativo

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.48 se determina que existe evidencia estadística entre los tratamientos, M4-M2 que si son significativos para un límite de confianza del 95% .Pero

analizando la preferencia de los jueces por la muestra M2 obteniendo el mayor puntaje en la escala hedónica, se toma como la mejor opción para el atributo aspecto en el proceso de ahumado final para las costillas ahumadas de cerdo.

Observando la figura 4.12 , la figura 4.13 , la figura 4.14 y la figura 4.15 se puede observar que la muestra M2 tiene mayor aceptabilidad para los jueces de acuerdo a los atributos color(7.5),aspecto(7.7) y aroma(7.2), pero para el atributo sabor la que tiene mayor aceptabilidad es la muestra M1(6.9) , en comparación a las demás muestras; tomando en cuenta la composición se puede evidenciar que la muestra M2 (2 horas a 80 grados Celsius), es la mejor opción para el proceso de ahumado final en la elaboración de costillas ahumadas de cerdo.

4.2.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL PROCESO DE AHUMADO

En la siguiente tabla se muestra en la matriz los resultados de las variables para el proceso de ahumado, cuyo diseño corresponde a 2^2 con dos niveles de variación, los datos fueron sacados de la tabla D.5.1 (ANEXO D.5).

Tabla 4.49

Diseño experimental en la operación de ahumado

CORRIDAS	COMBINACION DE TRATAMIENTOS	FACTORES		REPLICA	REPLICA	TOTAL RESPUESTAS
		t	T	I	II	
1	(1)	-1	-1	17	16	33
2	t	+1	-1	19	15	34
3	T	-1	+1	12	12	24
4	t*T	+1	+1	13	14	27

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.49 se muestran los resultados del análisis de varianza del diseño 2^2 para la concentración de ahumado, cuya resolución se encuentra en el anexo D.4.

Tabla 4.50
Análisis de varianza para la operación de ahumado

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F _o CALCULADO	F _{TAB} TABULADO
Total	43.5	7			
Factor t	8	1	8	10.67	7.71
Factor T	32	1	32	42.67	7.71
Interacción tT	0.5	1	0.5	0.67	7.71
Error	3	4	0.75		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.50 se observa que para el factor t y el factor TF $F_{cal} > F_{tab}$; lo cual indica que se rechaza la H_0 teniendo la evidencia estadística de que existen diferencias significativas entre los factores analizados, para un nivel de significancia del 95%.

En cuanto a la interacciones tT, $F_{cal} < F_{tab}$, lo que indica que se acepta la H_0 ; y no existe evidencia estadística de variación.

4.3 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO

Para la caracterización del producto terminado, se realizarán diferentes parámetros, tanto físicoquímico, microbiológico y organolépticos.

4.3.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 3.51, se detallan los resultados físicoquímicos del producto terminado.

Tabla 4.51
Análisis físicoquímico del producto terminado

PARAMETRO	TECNICA	UNIDAD	RESULTADOS
CENIZAS	NB 075-74	%	0.82
MATERIA GRASA	NB 103-97	%	9.52
HIDRATOS DE CARBONO	Calculo	%	3.76
HUMEDAD	NB 074-2000	%	62.33
PROTEINA TOTAL	NB 076-2000	%	23.57
VALOR ENERGETICO	Calculo	Kcal/100 g	145.29

Fuente: Cortez, 2013

En la tabla 4.51, se observa que el costillar de cerdo tiene 0.82 % de cenizas; fibra no detectado; 9.52% de materia grasa; 3.76 % de carbohidratos; 62.33% de humedad; 23.57% de proteína total y el valor energético es de 145.29 Kcal por cada 100 gramos de costilla ahumada de carne de cerdo..

4.3.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.52, se muestran los análisis microbiológicos del producto terminado.

Tabla 4.52

Análisis microbiológico del producto terminado

Parámetros	Norma	unidad	resultados
Coliforme fecal	NB 32005	ufc/g	ausencia
Coliforme total	NB 32006	ufc/g	ausencia
Salmonella	NB 32007	p/a/25g	ausencia

Fuente: Cortez, 2013

(*) = no se observa desarrollo de colonias

Según la tabla 4.52 se observa la no existencia de crecimiento bacteriano en el producto terminado.

4.3.3 ANÁLISIS ORGANOLEPTICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.53 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de escala hedónica del producto final, tomando en cuenta los atributos color, aroma, sabor y aspecto. los datos fueron extraídos de la tabla B.20.1.

Tabla 4.53

Evaluación sensorial del producto final

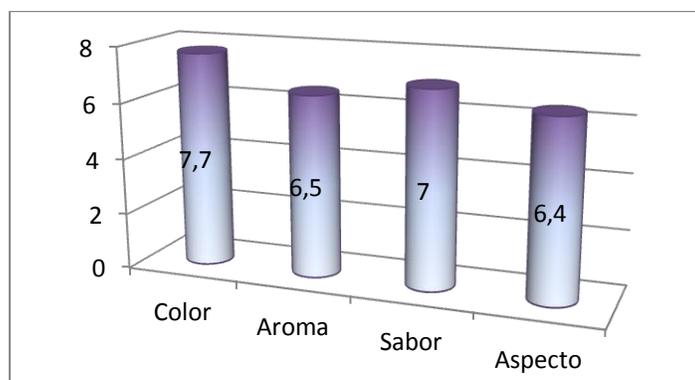
Jueces	TRATAMIENTOS			
	Color X1	Aroma X2	Sabor X3	Aspecto X4
1	9	6	8	6
2	6	7	7	7
3	8	8	6	7
4	8	9	6	7
5	7	5	8	5
6	8	7	7	7
7	8	5	8	7
8	8	6	6	6
9	8	5	8	5
10	7	7	6	7
promedio	7.7	6.5	7.0	6.4

Fuente: elaboración propia

A continuación en la figura 4.20 se muestran los promedios de la evaluación sensorial de los atributos color, aroma, sabor y aspecto del producto final: expresada en escala hedónica, de acuerdo a la tabla 4.53.

Figura 4.20

Resultados de la evaluación sensorial de los atributos para el producto final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.20, se puede observar que el atributo color (7.7) obtiene mayor puntaje; en comparación a los demás atributos como el aroma (6.5), sabor (7) y aspecto (6.4) que tienen un promedio menor.

4.3.3.1 DETERMINACIÓN DE LA PRUEBA DE DUNCAN DE LOS ATRIBUTOS DEL PRODUCTO FINAL

En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan, para los atributos color, aroma, sabor y aspecto del producto final, los datos fueron extraídos de la tabla B.20.5.

Tabla 4.54

Prueba de Duncan de los atributos del producto final

tratamientos	valores	Significancia
X1-X3	0.7<0.982	No es significativo
X1-X2	1.2>1.031	Es significativo
X1-X4	1.3>1.057	Es significativo
X3-X2	0.5<0.982	No es significativo
X3-X4	0.6<1.031	No es significativo
X2-X4	0.1<0.982	No es significativo

Fuente: elaboración propia

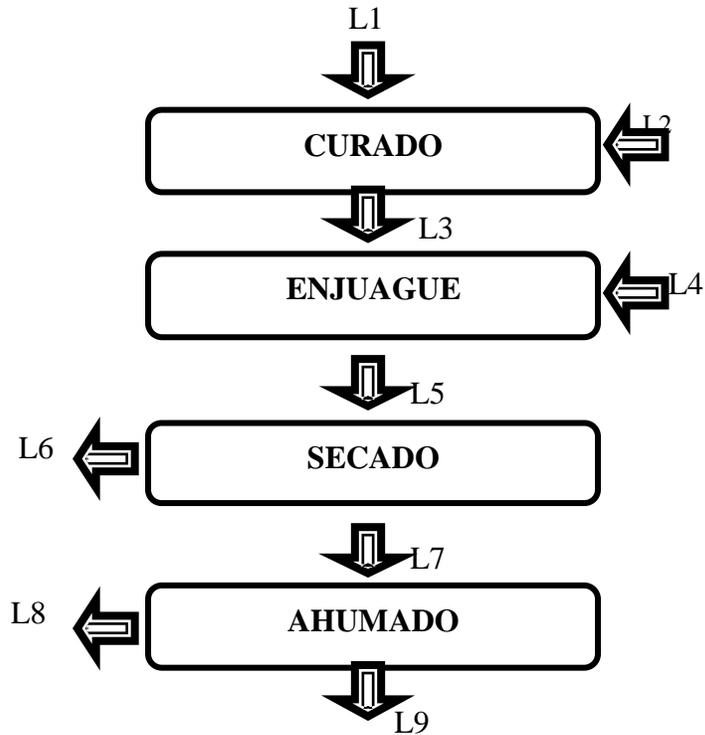
De acuerdo a la tabla 4.54 se determina que existe evidencia estadística entre los tratamientos, X1-X2 y X1-X4 que son significativos en comparación a los tratamientos; X1-X3, X3-X2, X3-X4 y X2-X4, que no son significativos para un límite de confianza del 95%.

4.4 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE COSTILLA AHUMADA DE CARNE DE CERDO

El balance de materia se realizó siguiendo el diagrama de bloque de la figura 4.21

Figura 4.21

Diagrama de bloques del balance de materia para la elaboración de costillas de cerdo ahumadas



Donde:

L1: cantidad de materia prima

L2: cantidad de solución de curado

L3: cantidad de costilla curada

L4: cantidad de agua que entra

L5: cantidad de costilla enjuagada

L6: cantidad de agua que sale

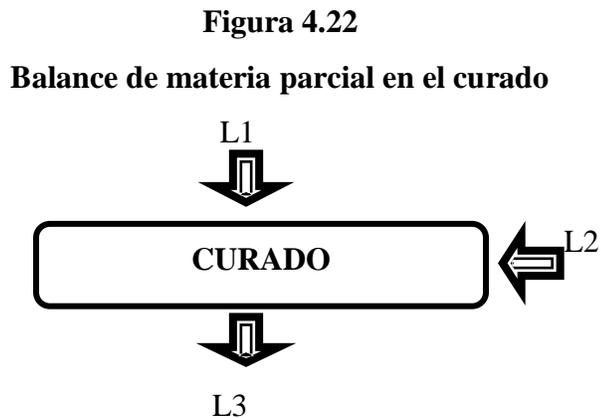
L7: cantidad de costilla para ahumar

L8: cantidad de agua que se evapora durante el ahumado

L9: cantidad de producto

4.4.1 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE CURADO

En la figura 4.22 se muestra el proceso de curado de la costilla, en el cual se pone en contacto con la solución de curado para elaborar las costillas de cerdo ahumadas.



Balance total

$$L1 + L2 = L3$$

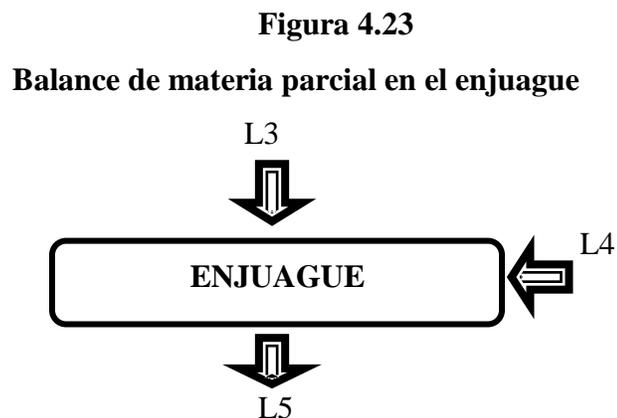
Entonces

$$L3 = L1 + L2$$

$$L3 = 1500 + 47.8 = 1547.8 \text{ gr}$$

4.4.2 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE ENJUAGUE

En la figura 4.23 se observa el diagrama de bloques para el balance de materia durante el enjuague.



Balance total

$$L3 + L4 = L5$$

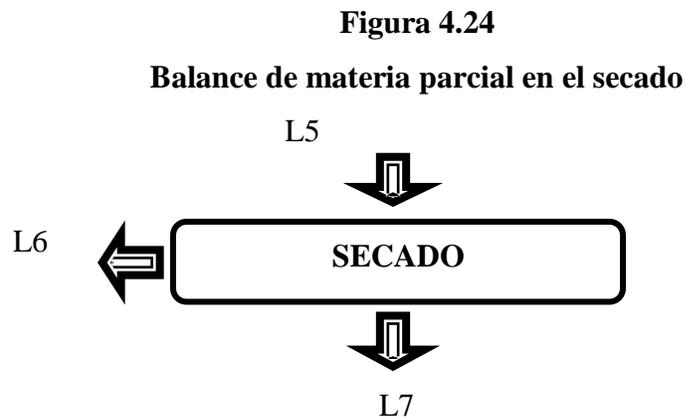
Entonces

$$L5 = L3 + L4$$

$$L5 = 1547.8 + 17 = 1564.8 \text{ gr}$$

4.4.3 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE SECADO

En la figura 4.24 se observa el diagrama de bloques para el balance de materia durante el secado.



Balance total

$$L5 = L6 + L7$$

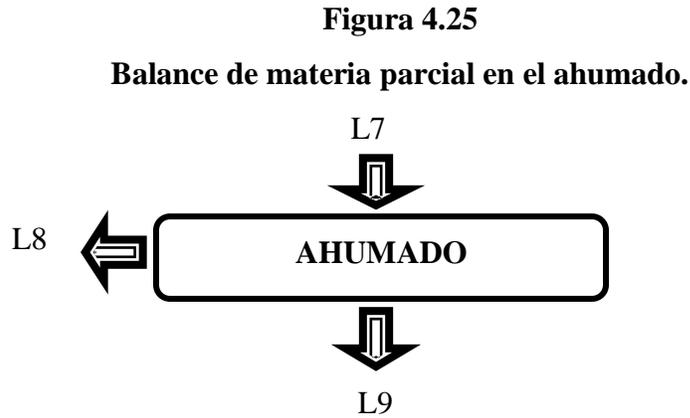
Entonces despejando

$$L7 = L5 - L6$$

$$L7 = 1564.8 - 9.2 = 1555.6 \text{ gr}$$

4.4.4 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE AHUMADO

En la figura 4.25 se observa el diagrama de bloques para el balance de materia durante el ahumado



Balance total

$$L7 = L8 + L9$$

Entonces despejando

$$L9 = L7 - L8$$

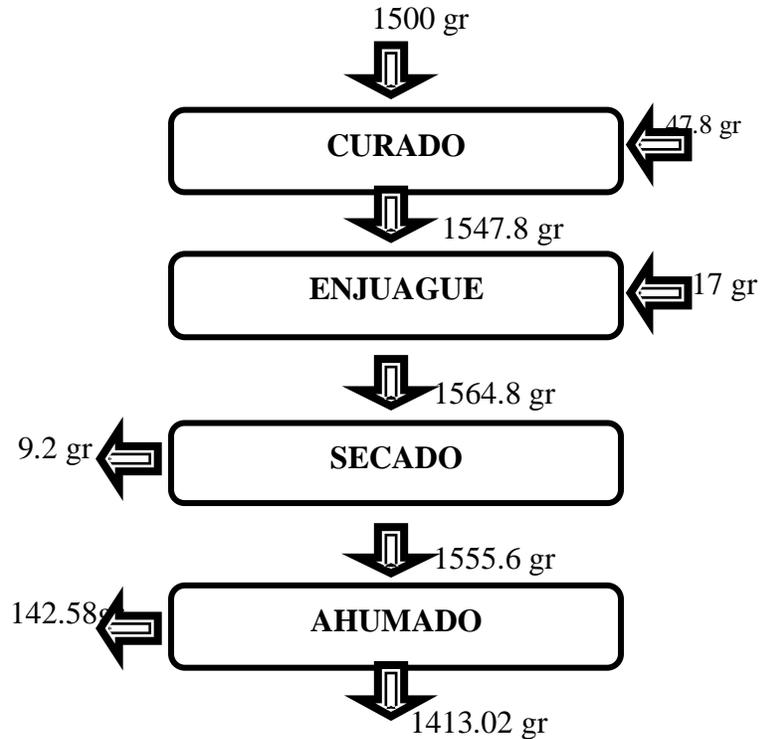
$$L9 = 1555.6 - 142.58 = 1413.02 \text{ gr}$$

4.4.5 RESUMEN GENERAL DEL BALANCE DE MATERIA

En la figura 4.26 se muestra el resumen del balance de materia para la elaboración de costillas de cerdo ahumadas

Figura 4.26

Balance de materia para la elaboración de costillas de cerdo ahumadas



Balance general de materia en la elaboración de costillas de cerdo ahumadas

$$L1 + L2 + L4 = L6 + L8 + L9$$

$$1500gr + 47.8gr + 17gr = 9.2gr + 142.58gr + 1413.02gr$$

$$1564.8gr = 1564.8gr$$

Rendimiento;

$$R = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100\%$$

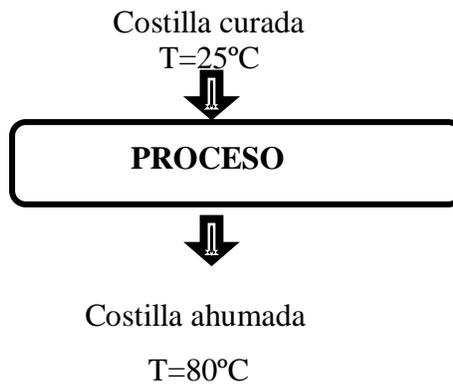
$$R = \frac{L9}{L1} \times 100\% = \frac{1413.02}{1500} \times 100\% = 94.2 \% \text{ de rendimiento}$$

La pérdida es de 5.8 % esto es debido al proceso de ahumado.

4.5 BALANCE DE ENERGÍA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE COSTILLA AHUMADA DE CARNE DE CERDO

El balance de energía se realizó siguiendo el diagrama de bloque de la figura 4.27

Figura 4.27
Balance de energía en el proceso de ahumado



Según la ecuación citada por Valiente, 1994

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

Donde:

P= potencia del equipo

t= tiempo de uso= 2 horas

Q= calor=13 KW/

Entonces:

$$Q_{Ah} = t \times P$$

$$Q_{Ah} = 2 \text{ horas} \times 13 \text{ kw}$$

$$Q_{Ah} = 2 \text{ horas} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times 13 \text{ kw} \times \frac{76.04 \text{ kg m/s}}{0.7457 \text{ kw}} \times \frac{9.81 \text{ J}}{1 \text{ kg m}} \times \frac{1 \text{ kcal}}{7485 \text{ J}}$$

$$Q_{Ah} = 22373.16 \text{ kcal}$$

Para determinar el calor de la costilla de cerdo:

Según la ecuación

$$C_{p\text{alimento}} = \sum C_{pi} \times X_i$$

Donde:

C_{pi} = calor específico de los componentes del alimento

X_i = fracción de los componentes de los alimentos

Según las correlaciones:

$$C_{p\text{agua}} = 4.1762 - (9.0864 \times 10^{-5} \times T) + (5.4731 \times 10^{-6} \times T^2)$$

$$C_{p\text{prot}} = 2.0082 + (1.2089 \times 10^{-3} \times T) - (1.3129 \times 10^{-6} \times T^2)$$

$$C_{p\text{grasa}} = 1.9842 + (1.4733 \times 10^{-3} \times T) - (4.8008 \times 10^{-6} \times T^2)$$

$$C_{p\text{HC}} = 1.5488 + (1.9625 \times 10^{-3} \times T) - (5.9399 \times 10^{-6} \times T^2)$$

Reemplazando

$$C_{p\text{agua}} = 4.1762 - ((9.0864 \times 10^{-5}) \times 25) + ((5.4731 \times 10^{-6}) \times 25^2)$$

$$C_{p\text{agua}} = 4177.34 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$C_{p\text{prot}} = 2.0082 + (1.2089 \times 10^{-3} \times 25) - (1.3129 \times 10^{-6} \times 25^2)$$

$$C_{p\text{prot}} = 2037.6 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$C_{p\text{grasa}} = 1.9842 + (1.4733 \times 10^{-3} \times 25) - (4.8008 \times 10^{-6} \times 25^2)$$

$$C_{p\text{grasa}} = 2018 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$C_{p\text{HC}} = 1.5488 + (1.9625 \times 10^{-3} \times 25) - (5.9399 \times 10^{-6} \times 25^2)$$

$$C_{p\text{HC}} = 1594.2 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

Como

$$C_{p\text{costillas}} = \sum C_{pi} \times X_i$$

$$C_{p_{costillas\ ah}} = (4177.34 \times 0.6233) + (2037.6 \times 0.2357) + (2018 \times 0.0952) + (1594.2 \times 0.0376)$$
$$C_{p_{costillas}} = 3336.05 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$Q_{cost} = m_{cost} \times C_{p_{cost}} \times \Delta T_{cost}$$
$$Q_{cost} = 1.5 \times 3336.05 \times (80 - 25)$$
$$Q_{cost} = 275224.125 \text{ J} \times \frac{1 \text{ kcal}}{7485 \text{ J}} = 36.77 \text{ kcal}$$

Por lo tanto:

$$Q_c = Q_{Ah} + Q_{cost}$$

Reemplazando:

$$Q_c = 22373.16 + 36.77 = 22410 \text{ kcal}$$

5.1 CONCLUSIONES

Como resultado de los análisis físico químicos de las materias prima, la costilla de cerdo, tiene 0.75% de cenizas, 12.43 % de materia grasa, 2.4 % de hidratos de carbono, 67.74% de humedad, 16.68% de proteína total y 188.19 kilocalorías por 100 gramos de costilla.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación sensorial en la etapa de preparación final de la solución de cura, que la muestra de mayor aceptabilidad por los jueces para la escala hedónica es la muestra M2 con 30 gr de sal de cura ,3.5 gr de condimento y 1.5 gr de fosfatos, los valores para los atributos son: color (7.1 y sabor (7.5).

El análisis estadístico para el diseño 2^3 en el proceso de elaboración de costillas ahumadas de carne de cerdo, determinadas las variables en la etapa de preparación de la solución de cura, se estableció que los factores analizados tienen influencia en función de la variable a ser medida que es la concentración de sal, evidenciando la variación de los factores S(sal) , F(fosfatos)y para la interacción CF, rechazando la H_p , en comparación de la interacción al factor C(condimento) y las interacciones SC , SF, SCF en las que si se acepta la H_p , para un límite de significancia de 95%.

Ya realizada la evaluación sensorial con diez jueces no entrenados, en la etapa de curado final, tomando en cuenta la composición se establece que la muestra de mayor aceptación por los jueces en la escala hedónica es la muestra M2 con 4 días de curado a 4 °C de temperatura, los valores para los atributos son: color es 7.2 y para sabor 7.7.

El análisis estadístico para el diseño 2^2 en el proceso de elaboración de costillas ahumadas de carne de cerdo, para determinar las variables en la etapa de curado, se estableció que los factores tiempo y temperatura y la interacción tiempo-temperatura se acepta la H_p .Por lo tanto, no existe evidencia estadística de variación entre los factores tiempo-temperatura en el proceso de curado para un nivel de significancia de 95%.

Realizada la evaluación sensorial con diez jueces no entrenados en la escala hedónica, en la etapa de secado final, tomando en cuenta la composición se establece que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra M2 con 2.5 horas de secado a 6 °C de temperatura, el valor para el atributo textura, es de 7.7.

De acuerdo al análisis estadístico en la etapa de secado, para el diseño 2^2 en el proceso de elaboración de costillas ahumadas de carne de cerdo, se estableció que no existe evidencia estadística de variación para el factor tiempo, el factor temperatura y para la interacción tiempo-temperatura aceptando la H_0 con un límite de significancia del 95%.

Ya realizada la evaluación sensorial con diez jueces no entrenados, en la etapa de ahumado final, tomando en cuenta la composición se establece que la muestra de mayor aceptación por los jueces en la escala hedónica es la muestra M2 con dos horas de ahumado a 80 °C de temperatura, los valores para los atributos son: color (7.5), aspecto (7.7) y aroma (7.2).

El análisis estadístico para el diseño 2^2 en el proceso de elaboración de costillas ahumadas de carne de cerdo, determinadas las variables en la etapa de ahumado, se estableció que los factores analizados tienen influencia en función de la variable a ser medida que es la concentración de ahumado, evidenciando la variación de los factores tiempo y temperatura, rechazando la H_0 , en comparación de la interacción tT que si se acepta en la etapa de ahumado para un límite de significancia de 95%.

De acuerdo a los resultados de la evaluación sensorial por diez jueces no entrenados, del producto final, analizadas estadísticamente dieron como resultado un promedio para el atributo color de 7.70, aroma de 6.80, sabor de 7.00, aspecto de 6.40, así se demuestra una aceptación de los atributos de la costilla ahumada de carne de cerdo.

5.2 RECOMENDACIONES

Realizar el estudio para determinar la vida útil del producto final, con el objetivo de establecer la durabilidad de la costilla de cerdo ahumada durante el almacenamiento.

En base a la elaboración de las costillas de cerdo ahumadas, se recomienda continuar con pruebas experimentales, con otros tipos de carnes que existen en el medio, para obtener otros productos mejorando las características organolépticas.

Se recomienda a los Municipios de nuestro departamento incentivar a la producción de costillas ahumadas, con el objetivo de generar recursos económicos, y como un muy buen método de conservación de carnes.