

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE JAMÓN CUBANO EN
LA FÁBRICA DE EMBUTIDOS EUROPEA**

POR:

MARLON LEVI MORALES ORELLANA

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

LICENCIADO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2010

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE JAMÓN CUBANO EN
LA FÁBRICA DE EMBUTIDOS EUROPEA**

POR:

MARLON LEVI MORALES ORELLANA

BENITO ESAÚ PEREIRA M.Sc.

Asesor Principal

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

LICENCIADO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2010

DEDICATORIA

A mi madre Nolvía Orellana Cruz por su gran apoyo en los momentos más difíciles, por su amor y comprensión.

A mi padre Pedro Morales Cáceres, por sus sabios consejos, por su apoyo incondicional y por ser el mejor padre del mundo.

A mis hermanos por sus oraciones y su apoyo para poder lograr el objetivo propuesto.

De manera muy especial a mis tías Ena Morales y Dilma Morales por sus oraciones por su gran apoyo y todos sus consejos.

AGRADECIMIENTO

A Jehová Dios todo poderoso por que por su misericordia he podido llegar hasta este momento.

A mis padres Nolvía Orellana Cruz y Pedro Morales Cáceres por confiar en mí y brindarme la oportunidad de estudiar y superarme en la vida. A mis hermanos Cindy, Keyla y Rosbin por sus oraciones, por sus sacrificios y por su apoyo moral.

A mi asesor M.Sc. Benito Esaú Pereira por la orientación y todos los consejos que medio durante mi formación profesional y durante el desarrollo de este trabajo. A la Licenciada Gloria Desthepen por darme la oportunidad de desarrollar mi trabajo en la Fábrica de Embutidos Europea.

A todos los empleados de la planta de procesamiento cárnico de la UNA y a los empleados de la Fábrica Embutidos Europea Por su apoyo para el desarrollo de mi tesis.

A mis asesores Ph.D. Carlos Ulloa, Ing. Arlin Lobo, Prof. Alejandro Hernández por su apoyo y sus consejos para el desarrollo y culminación de este trabajo. Al M.Sc. Mildre Eleazar Turcios por su apoyo y consejos durante mi formación profesional.

A la Universidad Nacional de Agricultura, por darme la oportunidad de realizar mis estudios universitarios.

A todos mis amigos y compañeros de la clase de Tecnología de Alimentos 2010.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
CONTENIDO	iii
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 General	3
2.2 Específico.....	3
III REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 La carne.....	4
3.1.1 Composición química de la carne	4
3.1.2 Capacidad de retención de agua	6
3.1.3 Color de la carne	11
3.1.4 Calidad organoléptica de la carne	12
3.2 Producto cárnico.....	14
3.3 Masajeo en el jamón.....	14
3.3.1 Factores claves para resultados óptimos	15
3.3.2 Tiempo de masajeo.....	18

3.4 Efecto de la grasa	18
3.5 Fosfatos	18
3.5.1 Propiedades y usos	19
3.5.2 Funciones	20
3.6 Evaluación sensorial.....	22
3.6.1 Condiciones que deben cumplir los lugares de cata.....	22
3.6.2 Codificación de las muestras.....	23
3.6.3 Tamaño de la porción de ensayo y cantidad de muestras.....	23
3.6.4 Temperatura de las muestras	24
3.6.5 Horario de realización de pruebas	24
IV MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1 Localización del experimento	26
4.2 Materiales y equipo	26
4.3 Descripción de corridas experimentales.....	26
4.4 Variables evaluadas.....	27
4.4.1 Rendimiento	27
4.4.2 Características organolépticas	28
4.4.3 Relación beneficio costo	28
4.5 Modelo estadístico aplicado	29
4.6 Ejecución del experimento	30
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
5.1 Rendimiento de producto terminado	33
5.2 Análisis sensorial	34
5.2.1 Análisis de la variable sabor.....	35
5.2.2 Análisis de la variable color	37
5.2.3 Análisis de la variable olor.....	40

5.2.4 Análisis de la variable textura	42
5.3 Análisis relación beneficio costo parcial.....	44
VI CONCLUSIONES	47
VII RECOMENDACIONES	48
VIII BIBLIOGRAFÍA	49
IX ANEXOS	52

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Corridas experimentales ejecutadas.....	27
Cuadro 2. Corridas experimentales con su codificación	28
Cuadro 3. Nivel de los factores principales del experimento	30
Cuadro 4. Rendimientos de las corridas experimentales	33
Cuadro 5. Calificación para la variable sabor.....	35
Cuadro 6. Calificación para el color	38
Cuadro 7. Calificación obtenida para el olor	41
Cuadro 8. Calificación obtenida para la textura	43
Cuadro 9. Análisis relación beneficio costo	44
Cuadro 10. Proyección de egresos e ingresos.....	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de proceso del jamón cubano	31
Figura 2. Gráfico de Pareto para el rendimiento	34
Figura 3. Gráfico de Pareto para la variable sabor	36
Figura 4. Gráfico de efectos principales para sabor	36
Figura 5. Gráfico de interacción para sabor	37
Figura 6. Gráfico de Pareto para la variable color	39
Figura 7. Gráfico de efectos principales para la variable color	39
Figura 8. Gráfico de interacción para el color	40
Figura 9. Gráfico de Pareto para la variable olor	41
Figura 10. Gráfico del efecto del agua en el olor	42
Figura 11. Gráfico de Pareto para la variable textura.....	43

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Hoja de análisis sensorial.....	53
Anexo 2. Análisis de varianza para el rendimiento	54
Anexo 3. Análisis de varianza para sabor	55
Anexo 4. Análisis de varianza para el sabor con factores significativos.....	55
Anexo 5. Análisis de varianza para color	56
Anexo 6. Análisis de varianza para el color con factores significativos	56
Anexo 7. Análisis de varianza para olor.....	57
Anexo 8. Análisis de varianza con efectos significativos para la variable olor	57
Anexo 9. Relación Beneficio costo según corrida experimental.....	58

RESUMEN

Morales Orellana, M.L. 2010. Evaluación del proceso de elaboración de jamón cubano en la Empresa Embutidos Europea. Tesis Lic. T. A. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas Olancho, Honduras, C.A 58 pág.

El experimento se realizó en la empresa Embutidos Europea, ubicada en el barrio el manchen calle principal colonia 21 de octubre, Tegucigalpa, con el propósito de terminar el efecto del tipo de agua, tiempo de masajeo y concentración de fosfato sobre el rendimiento del jamón cubano. Se evaluaron dos tipo de agua, siendo estos el agua de pozo, SANAA y una mezcla de los tipos de agua, dos tiempos de masajeo 12 horas y 18 horas y dos concentraciones de fosfato al 0.31 % y al 0.5%, utilizando un arreglo factorial 3×2^2 con una mezcla de uno de los factores, generando un total de 12 corridas experimentales. Las variables evaluadas fueron el rendimiento en base a rebanabilidad, grado de preferencia del producto aplicando una prueba de evaluación sensorial donde se evaluó color, sabor, textura y olor del producto. Finalmente se estimo la relación beneficio costo parcial para saber cuál de los tratamientos económicamente es más factible para la empresa. En el cálculo de los efectos para rendimiento de acuerdo al análisis de varianza se encontró que no existen diferencias significativas para los factores evaluados, esto significa que para la elaboración de jamón cubano se puede utilizar cualquiera de los tres factores en el nivel que sea y el rendimiento no va a variar entre una opción u otra. De acuerdo a la estimación de relación beneficio/costo parcial todos los tratamientos son beneficiosos para la empresa, ya que en todas las corridas experimentales el ingreso es mayor que el egreso, presentando la mayor relación beneficio /costo las dos corridas con la siguiente combinación de factores: Agua de pozo, 18 horas de masajeo, 0.5 % de fosfato y Agua del SANAA, 12 horas de masajeo, 0.5 % de fosfato. Para medir el grado preferencia del producto se aplicó una prueba de análisis sensorial tipo descriptivo. Se observó que los catadores mostraron una mayor preferencia por el color y sabor de las muestras de jamón en las cuales se utilizó

agua del SANAA y que las interacciones de los factores (agua del SANAA-fosfato) presentan efectos positivos en las características organolépticas del jamón cubano de cerdo.

Palabras claves: Jamón cubano, Masajeo, evaluación sensorial.

INTRODUCCIÓN

La orientación de los mercados de productos cárnicos es cubrir la demanda existente en cuanto a productos que cumplan con las características nutricionales y sensoriales específicas a precios razonables y de acuerdo al poder adquisitivo de la población meta. En este último aspecto la elaboración de jamón cocido es muy beneficiosa para la industria cárnica debido a que la carne que se utiliza es de calidad utilitaria, empleada principalmente en productos que serán sometidos a un proceso térmico (Fernández *et al.* 2008).

Para que el jamón cubano tenga muy buena aceptación entre los consumidores, debe cumplir con ciertas características organolépticas como un adecuado color, sabor agradable y textura uniforme, y por la forma de consumo y comercialización cobra gran importancia la capacidad del producto para ofrecer un mejor rendimiento en el proceso de loncheado. En gran parte estas características son dadas por el masajeo, así como por la inyección de la salmuera, la cual juega un papel muy importante, ya que además de mejorar la apariencia agrega valor al producto (Esquivel 2005).

Actualmente la empresa Embutidos Europea elabora jamón cubano pero no se están obteniendo las características organolépticas deseadas, ya que se presentan problemas con la textura, dando como resultado un bajo rendimiento de loncheado lo que se traduce en pérdidas económicas para la empresa.

El objetivo primordial de la empresa Embutidos Europea es producir un jamón que cumpla con todas las propiedades organolépticas de un jamón de calidad, que se pueda rebanar, con

buen aspecto, color característico, fácil de lonchear y con rendimientos satisfactorios de la materia prima.

Como alternativa de solución al problema planteado se desarrolló este trabajo que consistió en medir el efecto que tiene la calidad de agua, tiempo de masajeo y concentración de fosfato sobre el rendimiento, así como en las características organolépticas del jamón. Para ello se utilizó un arreglo factorial 3×2^2 para medir el impacto económico que tiene la aplicación de estos factores se hizo una estimación de relación beneficio costo parcial una vez obtenidos todos los datos.

II OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el efecto de los diferentes factores críticos de producción sobre el rendimiento económico y las características sensoriales del jamón cubano.

2.2 Específico

- Evaluar el rendimiento productivo del jamón cubano con los distintos tiempos de masajeo, tipo de agua y concentración de fosfato.
- Evaluar el efecto de las variaciones de los distintos procesos críticos sobre las características organolépticas del jamón cubano.
- Determinar el efecto económico de los diferentes tratamientos a través de la estimación de la relación beneficio costo parcial.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 La carne

Para definir el concepto de carne debemos primero conocer el término llamado rigor mortis, que es la etapa por la que pasa el músculo antes de convertirse en carne. El rigor mortis incluye, en primer lugar, la rigidez característica del músculo al morir el animal, y comienza con un descenso drástico de pH de 5.6 a 5.8 en un intervalo de 18 horas. Después que el músculo ha sufrido el rigor mortis se convierte en carne.

La carne en su composición química tiene 75% de agua, 3% de grasa, 18% de proteínas, un 4% de proteínas insolubles, además de algunas sales y vitaminas. Como se puede ver el agua y la proteína tienen una relación de 4:1, esto como se verá más adelante tiene una importancia relevante desde el punto de vista tecnológico (Alimentos Marvisa S.A., citado por Márquez 2005).

3.1.1 Composición química de la carne

a) Agua: La cantidad varía dependiendo de la especie, la edad, sexo y zona anatómica del tejido. La variación de la cantidad de agua está directamente relacionada con la variación de la cantidad de grasa (lo mismo pasa en todos los alimentos). La cantidad de agua en la carne oscila entre 60 y el 80% y está relacionada con la jugosidad y otros atributos sensoriales como la textura, el color o la dureza de la carne (Arango; Restrepo s.f).

b) Proteínas: El contenido de proteínas en la carne es del 18%, dentro de las proteínas las dos más importantes son:

- **Proteínas miofibrilares:** Constituyen hasta el 65-75% del total de las proteínas del músculo. Dentro de las proteínas miofibrilares las más importantes son la actina (principal componente de los filamentos delgados) y la miosina (principal componente de los elementos gruesos) estas dos en la carne las vamos a encontrar en forma de actinmiosina (Arango; Restrepo s.f).
- **Proteínas sarcoplásmicas:** Representan alrededor del 30-35% del total de proteínas, se encuentran en el citoplasma de la fibra muscular. La más importante desde el punto de vista bromatológico es la mioglobina esta es el principal pigmento de la carne, y el color del producto depende fundamentalmente del estado en el que se encuentra la mioglobina.

c) Grasa: Son los lípidos de la carne que se encuentran formando piezas visibles a simple vista, son los depósitos de cebo, las pellas de manteca. La cantidad varía según la especie, edad y alimentación del animal, la carne mas grasosa es la de cerdo. Además de estos depósitos visibles, la grasa se infiltra entre las fibras musculares en forma de pequeñas gotas microscópicas, que pasan a formar parte del tejido muscular.

d) Sales: Las sales minerales se encuentran entre 0.8 – 1.8%, las cenizas del musculo son muy ricas en fosforo, pero pobres en calcio, se encuentran con seguridad, potasio, sodio, cobre, hierro. Todas en estado de sales solubles en agua, como los cloruros de potasio, de sodio, etc. (Márquez 2005).

e) Vitaminas: Según Sanz, citado por Márquez la vitamina A se encuentra en la grasa y en la carne gorda del buey, mas no en la grasa del cerdo. La vitamina B se encuentra en el hígado, al igual que la vitamina C.

3.1.2 Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua es la habilidad que exhibe la carne para retener el agua que se encuentra en ella durante la aplicación de fuerzas externas como cortes, calentamiento, trituración y prensado, depende del tipo y concentración de la proteína, de la presencia de hidratos de carbono, lípidos, y sales, al igual que del pH. Para la industria transformadora de carnes significa la habilidad que tiene la carne para retener el agua contenida o agregada, de tal manera que no se separe en las diferentes operaciones de transformación (Arango; Restrepo s.f).

La capacidad de retención de agua es importante desde el punto de vista sensorial, nutritivo y tecnológico. Desde el punto de vista sensorial va a tener importancia en la jugosidad, textura, color y dureza de la carne. Desde el punto de vista nutritivo, una carne con una capacidad de retención de agua baja, pierde agua, minerales y todos aquellos componentes solubilizados como proteínas vitaminas etc. Desde el punto de vista tecnológico, carnes con baja capacidad de retención de agua producirán goteo mientras que carnes con alta capacidad de retención de agua producirán hinchamiento.

Uno de los factores que favorecen al uso adecuado y mejor aprovechamiento de las carnes, es entonces la capacidad de retención de agua. Este valor depende en gran manera de algunas variables como ser: tiempo entre el sacrificio y el procesamiento, edad del animal, velocidad de almacenamiento, tipo de tejido a utilizar (Wirth 1992). Los factores que afectan la capacidad de retención de agua se enumeran a continuación.

a) Tiempo de refrigeración: La velocidad de refrigeración indicará la capacidad de retención de agua. Si la refrigeración es lenta (6 a 10 horas para congelamiento total), se aumentará la capacidad de retención de agua. Por el contrario si la refrigeración es rápida (cuatro a seis horas para congelamiento total) su valor de retención de agua disminuirá (Wirth 1992).

b) Tipo de tejido y edad del animal: El tipo de tejido a utilizar tiene relación íntima con la capacidad de retención de agua, buen mezclado, capacidad de combinación, vida de anaquel, y muchas otras características del producto final. El tejido muscular tiene una mayor absorción en comparación al conectivo y graso. La grasa por su composición química no le permite mezclarse con el agua, el tejido conectivo es menos poroso que el muscular y animales de menor edad tienen mejor capacidad de retención de agua (Wirth 1992).

c) Tiempo entre sacrificio y procesado: Se ha comprobado que la mayor capacidad de retención de agua la tiene la carne caliente, o sea la carne de animales recién sacrificados. En el caso de los bovinos la capacidad de retención de agua se habrá reducido en un 40%, 12 horas después del sacrificio, mientras que en los cerdos este tiempo es de una hora (Wirth 1992).

d) Concentración de sal y pH: La sal aumenta significativamente la capacidad de retención de agua de la carne al desplazar el punto isoeléctrico a un pH de aproximadamente 2.5, esto se efectúa por medio de la contribución de las cargas negativas del ion cloruro, lo que causa un desequilibrio en la carga de las proteínas, y por lo tanto aumenta la repulsión entre ellas (Lynn, citado por Paguada 2008).

La actina y la miosina son las proteínas más importantes de la carne, se encargan de la retención de agua, las cuales no son solubles en agua, solamente en soluciones salinas, por ello, la concentración de sal es importante, ya que permite el hinchamiento de la proteína cárnica y en parte provoca la solubilización de las proteínas. La cantidad total de sal está dada por las sales genuinas de la carne, que se encuentran en el jugo cárnico, mas las sales agregadas (sal común, nitrito, citrato, fosfatos) (Hamm 1960).

También mediante la adición de coadyuvantes como citrato y lactato para el procesado, se aumenta la cantidad de sal y con ello la inhibición y la solubilidad de las proteínas cárnica.

En Alemania para la elaboración de embutidos a partir de carnes que no sean calientes se permite hasta un 0,3% de ácidos comestibles en forma de sales sódicas (Wirth 1992).

Al momento del sacrificio la carne tiene un pH de 7.2, pero este en las horas posteriores va descendiendo hasta tener un pH de 5.8, lo que tiene una influencia en la capacidad de retención de agua. El descenso del pH en la carne después del sacrificio se da de manera normal, debido a la formación de ácido láctico a partir de glucógeno y en parte por la denominada maduración de la carne. A medida que el pH desciende la proteína sede agua (Wirth 1992).

La capacidad de retención de agua tiene una relación directamente proporcional con el pH, a un menor pH la capacidad de retención de agua es menor, y si el pH es mayor la capacidad de retención de agua es mayor. Con un pH por debajo de 5.7 tecnológicamente es imposible obtener un producto. Cuando la carne llega a su punto isoeléctrico (5.0 – 5.2) tiene la mínima capacidad de fijación de agua. La escasa capacidad de fijación de agua se debe además del descenso del pH a la pérdida de ATP. Una pequeña elevación del pH de aproximadamente 0,1 se puede lograr mediante el uso de sal sódica de los ácidos comestibles (citratos, lactatos) y de fosfatos sódicos (Wirth 1992).

Cuando la masa no es procesada de manera continua existe la posibilidad de que haya crecimiento bacteriano en la masa cruda, estas bacterias pueden formar ácidos a partir de azúcares, lo cual provocaría un descenso rápido del pH. Esta es quizás la explicación a algunas fallas o deficiencias repentinas en la fijación de agua. Entre las bacterias que se aíslan en la masa cruda del jamón están los Lactobacilos y Micrococos. Con tratamientos de la masa a temperaturas de 70 °C se eliminan los microorganismos evitando así la disminución acelerada del pH, además es recomendable el proceso inmediato de la masa o su refrigeración, sobre todo en donde el procesamiento se da a altas temperaturas (Wirth 1992).

e) Carne PSE (pálida, suave y exudativa) y DFD (oscura y untuosa): Estas son dos alteraciones que se presentan en la carne modificando su pH, lo que influye en la capacidad de retención de agua y por consiguiente en la elaboración de los embutidos. Afectan mayormente a las canales porcinas y en menor escala a las bovinas. No perjudican toda la musculatura, pero si algunas piezas como los músculos dorsales y músculos de jamón que gozan de mayor valor (Wirth 1992).

El tiempo que la carne necesita normalmente para llegar a su pH final (5.8) es de 6 a 12 horas, en las carne PSE este descenso de pH se da en apenas una (1) hora, esto debido a que la glucolisis se produce en forma acelerada. En solo una hora la carne aun posee una temperatura elevada, lo que origina, en parte, una desnaturalización de la proteína cárnica que se manifiesta en una disminución de la capacidad de fijación de agua (Wirth 1992).

Esta carne se distingue por presentar una superficie exudativa, acuosa. Debido a su baja capacidad de fijación de agua la carne PSE es inadecuada o poco apropiada para la elaboración de productos que requieran un alto valor de fijación de agua. Sin embargo, para la elaboración de embutidos la masa cárnica proviene de distintas canales con lo que se puede llegar a tener un equilibrio de pH, es por eso que no debemos sobrevalorar el valor de PSE (Wirth 1992).

Cuando la glucolisis se produce muy retardada, o casi no se produce, entonces se presenta la carne DFD. En este caso, debido a las insuficiencias de glucógeno en la musculatura, la carne no alcanza en ningún momento los valores de pH normales, logrando solamente un pH final de 6,2 o incluso valores mayores (Wirth 1992).

Con un alto valor de pH aumenta la capacidad de fijación de agua, por lo que la carne DFD resultaría muy adecuada para el procesamiento, sin embargo presenta limitaciones en la conservación, dado que los valores que influyen en un pH más elevado originan un deterioro microbiano más rápido (Wirth 1992).

En el caso de las carnes DFD presenta condiciones similares a la carne PSE por que la masa cárnica bien mezclada y proveniente de distintas canales puede llegar a neutralizar el pH y disminuir el efecto DFD (Wirth 1992).

f) Picado de la materia prima: La actina y miosina son sustancias proteicas que se encuentran en el interior de la célula, y están protegidas por una membrana de tejido conectivo. Para lograr que estas sustancias se mezclen con el agua agregada es preciso romper dicha membrana. Solo de esta manera los fragmentos libres de la estructura proteica pueden incorporar agua adicional, embeberse y formar un gel proteico al cual se incorpora posteriormente la grasa, este logra una masa estable al color (Wirth 1992).

El tejido conectivo en los organismos tiene la función de sostén, tecnológicamente debe ser considerada solo como relleno. Este tejido en los embutidos tiene la función de dar consistencia al mismo, o lo que se llama resistencia al mordido. Por esto, se debe conservar parte de su estructura (Wirth 1992).

La grasa por su parte está envuelta también por tejido conectivo, en el gel proteico debe ser distribuida homogéneamente, una separación de la grasa se produce solo por acciones extremas. El tocino debe ser picado hasta obtener una masa homogénea, pero el picado demasiado intenso es desventajoso (Wirth 1992).

Entonces la carne que posee bajo contenido de tejido conectivo y grasa se debe picar de manera intensa hasta que la temperatura lo permita, pero la carne que es rica en grasa y tejido conectivo se debe picar moderadamente. De ser posible se debe separar de la carne magra la parte de más grasa y de tejido conectivo, agregándose estos en una fase posterior al picado, teniendo siempre el cuidado de distribuir homogéneamente estos elementos (Wirth 1992).

En el picado de la carne se debe tener en cuenta dos factores de suma importancia, que son el grado de picado y la temperatura de la masa. Ambos factores son igualmente importantes y por ello es preciso mantener un equilibrio entre ellos. Con las técnicas actuales de picado mecánico se puede lograr un picado correcto, a bajas temperaturas, por que el picado se produce más rápidamente (Wirth 1992).

Cuando la masa es picada durante tiempo excesivo, o sea, que el tejido conectivo y la grasa fueron picados en exceso, se disminuye la capacidad de fijación de agua y se dispone de poca proteína para formar la estructura, se considera que a 40 °C se produce una disminución en la capacidad de fijación de agua, por lo que a esta temperatura el picado será perjudicial para la masa (Wirth 1992).

3.1.3 Color de la carne

Según Hui (2006), la primera impresión que el consumidor recibe de un alimento se establece mediante el sentido de la vista y entre las propiedades que observa destacan el color, la forma y las características de su superficie. Para la industria cárnica el color de los productos cárnicos juega un papel muy importante, ya que de este depende la aceptación o no de un producto por parte de los consumidores.

El color en la carne esta dado por la mioglobina que es el principal pigmento de la carne, y el color del producto depende fundamentalmente del estado en el que se encuentra la mioglobina. En los productos curados, el óxido nítrico (NO), procedente de la reducción de los nitritos utilizados como aditivo, se une al hierro de la mioglobina, dando nitrosilmioglobina, pigmento de color rojo, pero relativamente inestable. La desnaturalización de la proteína permite que se una al hierro un segundo NO, que estabiliza el color formando obteniendo así el color característico del producto final (Calvo s.f).

El jamón puede ser rechazado por su color sin valorarse otras propiedades, como su aroma, textura o sabor. Por lo tanto, al considerar las características específicas que contribuyen al aspecto físico, el color del jamón es uno de los parámetros de calidad que más influyen en la selección del consumidor (Krammer, citado por Hui 2006).

El color en los alimentos cárnicos es evaluado críticamente por los consumidores y a menudo es su base para la selección o rechazo del producto. La percepción del color, tanto para la investigación o para el desarrollo de productos, descripción o especificación, deben ser hechas con cuidado.

Productos cárnicos cocidos, ahumados, curando y otros procesos no solo presentan la oportunidad de aumentar la apariencia agradable del producto sino también de mejorar la estabilidad del color. Aun dentro de una porción de producto, la falta de la uniformidad del color, debido a propiedades inherentes de músculo o procesamiento técnicas, crean los problemas de percepción del color (Sabillon 2008).

3.1.4 Calidad organoléptica de la carne

Las cualidades organolépticas de la carne son aquellas que son percibidas por el consumidor en el momento del consumo de carne y dentro de estas están:

a) La ternura: La impresión de ternura depende de la textura del tejido muscular (tamaño de la fibra), de la distribución y del tipo de tejido conjuntivo que está incluido y de otra parte con la facilidad inicial con que la carne se corta en trozos y la importancia de los restos de la masticación.

b) La jugosidad: Es la impresión resultante de la masticación que es función de una parte del jugo liberado por la carne y de otra por la secreción salivar estimulada esencialmente por la grasa.

c) El sabor: Impresión compleja resultante de la percepción de olores y gustos que reposa sobre la existencia y características de sustancias químicas (volátiles y solubles) (Degesa 1996).

d) La textura: La textura es un atributo sensorial muy complejo que abarca las impresiones que acurren cuando el alimento contacta con la superficie de los dedos, la lengua o los dientes. La palabra textura deriva del latín *textura*, que significa tejido, y originalmente se tomo como referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos. No fue hasta la década de los 60 que se empezó a utilizar para describir la constitución, estructura o esencia de cualquier cosa en relación con sus constituyentes y/o elementos formativos (Rosenthal, citado por Ruiz 2005).

Según la norma ISO 5492 (1992), la textura se define como “todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto, perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y si es apropiado visuales y auditivos.” Szczesniak, citado por Ruiz (2005) define la textura como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos, detectada a través de los sentidos de la visión, oído, tacto y cinetismo.

La textura es uno de los atributos sensoriales más importantes en el proceso de selección y consumo de los alimentos, y es uno de los criterios para determinar la calidad del jamón (Moskowitz *et al*, citado por Ruiz 2005).

La textura en el jamón depende de la materia prima utilizada y del proceso tecnológico efectuado. La grasa intramuscular afecta a la jugosidad y sabor directamente, e indirectamente a la dureza, mientras el contenido de agua afecta directamente a la jugosidad e indirectamente a la dureza. (Jeremiah, citado por Ruiz 2005).

3.2 Producto cárnico

En un principio, los productos cárnicos se elaboraban para aumentar la conservabilidad de las carnes. Se entiende por producto cárnico aquellos productos compuestos total o parcialmente por carnes, despojos o grasas y que pueden incorporar otros ingredientes bien de origen animal o bien de origen vegetal y que además incorporan aditivos para su estabilidad o para conseguir las características que deseamos del producto (Venegas 1999).

3.3 Masajeo en el jamón

Masajeo: El efecto de masajear la carne es el de crear fricción entre ella y con esto provocar modificaciones en su estructura, destruyendo parcialmente las fibras musculares, estas liberan jugo celular, compuesto de agua y proteína disueltas, comúnmente conocido como exudado proteico, dando una apariencia pegajosa (Schiffner *et al*, citado por Abadie 2006).

Según Solomon 1980, citado por Abadie las resistencias a ruptura de las rebanadas del jamón son mayores cuando el vacío de la masajeadora es utilizado. El uso del vacío da lugar a jamones con una buena distribución del color y mejores características de la ternura y de la textura. El masajeo es un proceso importante en la creación de los productos cárnicos, aunque diferentes productos requieren distintos tipos de masajeo, o una combinación de ellos.

Desde el punto de vista funcional, para obtener un producto cárnico cocido de buena calidad, las dos características más importantes son el ligado entre los músculos y la capacidad de retención de agua de éstos. Estas dos características son dadas por las proteínas miofibrilares de la carne. Sin embargo, las proteínas miofibrilares tienen que ser extraídas y disueltas para desempeñarse como el "pegamento" que liga los trozos de carne,

y también deben de estar "abiertas", por decirlo así, de manera que las moléculas de agua puedan penetrar los espacios entre ellas (Rocha 2007).

La disolución y soltura de las proteínas miofibrilares se alcanza por medios químicos y/o mecánicos. Por ejemplo, en la fabricación de jamón, el medio químico sería la adición de ingredientes que tienen efecto en el pH de la carne, y el medio mecánico sería, precisamente, el masajeo.

La acción mecánica produce un músculo con una estructura más suelta. Al romper las células y hacer las membranas celulares más penetrables, se logra una mejor distribución y absorción de la salmuera. El producto adecuadamente masajeado muestra una mayor capacidad de retención de agua, menos pérdidas de cocción, mejor color y mayor suavidad. Ésta última característica con certeza se presentará debido a la destrucción del tejido conectivo de la carne (Rocha 2007)

3.3.1 Factores claves para resultados óptimos

Puesto que el proceso de acción mecánica involucra una matriz compleja y variable que incluye temperatura y tiempo, así como ingredientes y los propios productos cárnicos, los factores clave para alcanzar resultados óptimos varían de producto a producto. No obstante, pueden enfatizarse ciertos factores críticos:

a) Calidad de la materia prima: La carne prerrigor requiere de menos tiempo de tobleado o masajeado para una extracción óptima de la proteína e incorporación de ingredientes funcionales. También absorbe la salmuera con más rapidez y experimenta una mayor extracción de proteína que la carne postrigor. La carne con características de PSE (pálida, suave y exudativa) es muchas veces un problema. La acción mecánica puede mejorar la funcionalidad de las proteínas de la carne, pero sólo hasta cierto grado. Otros factores como la edad del animal, el tipo de corte (o músculo) y la cantidad de recorte en la

formulación también influyen la efectividad del tombleado/masajeado. Se ha observado que el suavizar la carne por medio de agujas de inyección antes del tombleado puede incrementar la suavidad y otras características sensoriales (Rocha 2007).

b) Ingredientes: La acción mecánica claramente mejora la extracción y disolución de la proteína, pero el resultado va a variar dependiendo de la fuerza iónica del medio y de la presencia o ausencia de sal y fosfatos. Una mayor efectividad se puede alcanzar cuando las cantidades adecuadas de estos ingredientes están presentes en la salmuera en vez de cuando están ausentes. Variar las combinaciones de salmueras, sales, especias y saborizantes altera la naturaleza del producto en el tombleado/masajeado, así como lo hace el momento en el que estos ingredientes son agregados (Rocha 2007).

c) Tiempo de aplicación: Generalmente el tiempo de masajeo tiene una duración de 4 horas, pero entre más tiempo se masajee la carne la disolución y extracción de las proteínas será mayor. Sin embargo demasiado tiempo de masajeo puede afectar la capacidad de retención de agua del producto final, así como la apariencia de las rebanadas. Es muy importante mencionar que el dejar “descansar” el producto durante el masajeo, esto aumenta la absorción de los ingredientes, permitiendo así que la sal y otros ingredientes penetren mejor las proteínas durante los tiempos de receso. Es por esto que se recomienda que los ciclos de masajeado incluyan tiempos de reposo intermitentes de, por ejemplo 10 minutos. Para efectos de investigación, se recomienda que los tiempos en el proceso sean todos iguales, debido a que las diferencias en minutos en el tiempo de proceso puede afectar grandemente las características del producto final, entonces, los tiempos de los ciclos para cada producto deben ser cuidadosamente monitoreados y seguidos (Rocha 2007).

d) Velocidad del proceso: Como es obvio pensar, una velocidad más alta de rotación de la máquina, resultará en una mayor disolución y extracción de la proteína. Sin embargo, también puede resultar en un mayor rompimiento de la estructura del músculo. Por tanto,

se debe encontrar un punto de balance para cada producto, en el cual se pueda tener una velocidad alta, sin que llegue a dañar la estructura de la proteína (Rocha 2007).

e) Tamaño del lote: La cantidad de carne que se esté procesando, que tan llena o tan vacía esta la maquina especialmente en el tombleado va influenciar grandemente los resultados finales. Si el “tumbler” o tombleadora (bombo) está lleno, la carne caerá una distancia muy corta, y esta distancia será mayor en una tombleadora que no esté llena, entonces, el impacto de los trozos de carne será mayor y por lo tanto habrá una mayor diferencia entre los resultados (Rocha 2007).

f) Presencia de vacío: Una de las muchas propiedades funcionales de las proteínas es su habilidad de formar espuma. La fricción de la carne durante el tombleado/masajeo producirá espuma, y si la máquina no tiene capacidad para crear vacío, la espuma formada obstruirá el ligado entre los músculos y causará que burbujas de aire aparezcan dentro de los músculos. Se ha observado que el masajeo en presencia de vacío promueve la estabilidad del color en los productos cocidos (Rocha 2007).

g) Temperatura e inocuidad: La extracción de la proteína es óptima a temperaturas cercanas al punto de congelación de la carne (-2°C a 0°C), la misma temperatura a la que la carne debe ser manejada e inyectada, al momento del masajeo y manipulación de la carne, se deben evitar incrementos bruscos de temperatura para evitar los riesgos de contaminación.

Ahora, cuando se habla de aumentar la temperatura de la carne, la inocuidad del producto es de preocupación para los procesadores. No obstante, de acuerdo con un estudio, el crecimiento bacteriano no debe de ser un problema. Una investigación realizada en la Universidad Estatal de Kansas demostró que el producto masajeado a altas temperaturas (13°C vs. 0°C) no sólo demostró mayor capacidad de retención de agua, sino que además, tuvo una mayor firmeza. El masajeado de la carne efectuado a 13°C es seguro, siempre y

cuando se hayan usado Buenas Prácticas de Manufactura para manejar el producto, y que éste se halla sometido a un tratamiento adecuado de cocción (Rocha 2007).

3.3.2 Tiempo de masajeo

Cuanto más largo sea el tiempo de masajeo, mayores son los efectos en la carne, puesto que se obtendrán incrementos de la solubilización y extracción de proteínas miofibrilares. Sin embargo, el tiempo tiene que ser regulado cuidadosamente, porque si el masajeo es excesivo, los resultados pueden ser contrarios a los deseados, pues se afectan tanto la capacidad de retención de agua como la apariencia del corte (Xargayó *et al.* s.f).

3.4 Efecto de la grasa

Un 8% de la variación en la terneza y un 16% de la variación en la jugosidad se deben al contenido de grasa intramuscular o marmoleo del músculo. El marmoleo influencia la aceptabilidad de la carne por parte del consumidor, especialmente por sus efectos positivos en la jugosidad y sabor. Modestas cantidades de grasa intramuscular uniformemente distribuidas a través de la carne proveen buen sabor y jugosidad, en contraposición a la carne que no posee marmoleo que es generalmente seca y carente de sabor (Acevedo 2004).

3.5 Fosfatos

Los fosfatos cumplen en el jamón básicamente dos funciones, por un lado aumentan de forma espectacular la capacidad de retención de agua y por el otro favorecen la solubilización y extracción de proteínas miofibrilares, responsables de la ligazón intermuscular que presenta el jamón.

El uso de fosfatos en el procesamiento de carnes proporciona un ingrediente indispensable en esta industria y, como tal, su funcionalidad es determinante en la calidad final de los embutidos (Miranda s.f).

3.5.1 Propiedades y usos

Los fosfatos son ingredientes multifuncionales, debido a ello es necesario conocer las propiedades que poseen, para poder hacer la elección adecuada de los mismos de acuerdo a los procesos para los que serán utilizados. A continuación se mencionan las propiedades de los fosfatos relacionadas con los procesos cárnicos:

a) Amortiguador de pH: Los fosfatos son utilizados para mantener o amortiguar el pH. El color y el sabor de los alimentos son fuertemente influenciados por el pH.

b) Alcalinizante (tripolifosfato de sodio o potasio): Los fosfatos son utilizados para mantener la alcalinidad en la salmuera. Cuando se trata de cárnicos, la alcalinidad del medio ayuda a emulsificar la grasa y logra que las carnes se suavicen. Estos ingredientes también permiten que la proteína del músculo se abra, lo que a su vez permite la captación de agua y ello se ve reflejado en un aumento de rendimiento y reducción de la sinéresis en el producto final.

c) Agente emulsificante: Los fosfatos (tripolifosfato de sodio y potasio, hexametáfosfato) también funcionan como estabilizantes para promover la emulsificación entre grasa, agua y proteína.

d) Secuestrante: El hexametáfosfato de sodio, pirofosfato ácido y pirofosfato tetrasódico son excelentes secuestrantes, lo que significa que ellos pueden ligarse con las impurezas de los metales contenidos en el agua, tales como el hierro, el magnesio, el cobre y también con el calcio. Esto es importante, ya que las impurezas pueden afectar la calidad de los alimentos y la eficiencia de su procesamiento.

e) Modificador de proteína: Los fosfatos (tripolifosfato de sodio y potasio, pirofosfatos) son modificadores de proteínas en aplicaciones cárnicas y lácteas, mejorando la capacidad de retención de humedad y ayudando a la estabilidad de las fases en solución (Miranda s.f).

3.5.2 Funciones

Para saber cuál es la mejor elección de uso de uno o más fosfatos es necesario conocer la función de cada uno de ellos:

a) Capacidad de retención de agua: (tripolifosfato de sodio, hexametáfosfato de sodio, tripolifosfato de potasio). La principal función de los fosfatos es el incremento de retención de humedad de las proteínas. Los fosfatos permiten que la carne retenga la humedad durante la cocción, por lo que el producto no perderá demasiado peso durante este proceso y ello proporciona un beneficio importante al productor de embutidos.

Ese es un modelo simple de la función que realizan los fosfatos en la proteína cárnica. Después del sacrificio del animal, ocurren cambios bioquímicos en el músculo, el pH de la proteína baja a un valor aproximado de 5.4, que es el punto isoeléctrico en donde se da un balance entre las cargas positivas y negativas, lo que forma una estructura cerrada de la proteína y el agua no puede unirse a ésta; de este modo, la humedad se perderá si la carne no es tratada con el fosfato adecuado.

Cuando se añaden fosfatos alcalinos a la salmuera, el pH de la carne se incrementa, esto aleja la proteína de su punto isoeléctrico y le permite relajarse, desdoblándose y exponiendo los sitios que pueden ahora unir agua. Los fosfatos también contribuyen con cargas que previenen el enrollamiento de la proteína. El resultado final será un incremento en la retención de humedad y por lo tanto en el rendimiento.

b) Función de ligazón entre músculos de carne: Para lograr la unión de las piezas de carne se necesita una superficie magra, ya que la grasa y el tejido conectivo, por sus características, no se unirán. El músculo magro contiene proteína, al adicionar los fosfatos (tripolifosfato, hexametafosfato) en conjunto con un trabajo mecánico, se logra la extracción de la proteína, formando un exudado pegajoso, que al ser sometido a calor se gelifica formando la unión entre las piezas de carne.

c) Función quelante y Secuestrante: (pirofosfato ácido de sodio, pirofosfato tetrasódico, hexametafosfato). El hierro es un precursor para la rancidez oxidativa. Las impurezas de calcio y magnesio en agua (más de 120 ppm) reducen la capacidad ligante de la proteína con el agua y pueden inhibir la acción del fosfato en solución.

Los fosfatos son excelentes secuestrantes. Ellos ligan metales pesados tales como el hierro y lo mantienen en solución formando queles. El hierro es un precursor de la rancidez oxidativa y causa cambios en el olor y sabor de los productos. Para procesadores que utilizan agua dura (alta en calcio y magnesio), los fosfatos ligarán estas impurezas y las mantendrán en solución para que la capacidad de la proteína no se vea reducida con el agua utilizada. Los fosfatos también son agentes quelantes de metales, existe una teoría acerca de su poder de capturar el Ca^{2+} de la carne, razón por la cual se explica su funcionabilidad. En vista de que los fosfatos actúan como quelantes de metales, aguas duras usadas en carnes disminuirán el efecto de estos sobre la solubilidad de la proteína.

El uso de los fosfatos en los productos cárnicos es auto limitante, ya que si se abusa de estos en su dosificación ocasionará la saponificación de las grasas, provocando que el producto final tenga un sabor jabonoso (Miranda s.f).

El uso de estos fosfatos está restringido a una cantidad tal que resultará en no más de 0,5% en el producto terminado. Hay aproximadamente 0.1% de fosfato presente naturalmente en el tejido muscular lo cual puede ser considerado en el análisis cuando se adicionan fosfatos.

3.6 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para medir, analizar e interpretar respuestas a las propiedades de los alimentos por medio de los sentidos (vista, olfato, sabor, tacto y oído). La información hedónica que se obtiene es una herramienta valiosa porque provee información más en concordancia con la de los consumidores, que son los únicos que pueden indicar con veracidad el grado de aceptación o rechazo de un producto (Acevedo 2004).

Para lograr que los resultados de la evaluación sensorial sean objetivos, es decir, no totalmente dependientes de las observaciones e informes de un individuo, y verificables por otros, es indispensable asegurar las siguientes condiciones:

- Local adecuado de cata o degustación.
- Presentación y preparación de las muestras según el tipo de producto y la capacidad de los catadores.
- Selección del tipo de prueba sensorial en función de los objetivos del ensayo.
- Utilización de catadores correctamente seleccionados, adiestrados y evaluados en función del tipo de prueba en la que participarán.

Empleo de métodos estadísticos y de cálculo de los resultados en concordancia con el tipo de prueba sensorial (Torricella *et al.* 2007).

3.6.1 Condiciones que deben cumplir los lugares de cata

El área de cata deberá mantenerse libre de olores, ruidos o cualquier otro estímulo que pueda distraer la atención de los catadores y deberá contar con condiciones confortables de temperatura y humedad.

Las paredes y el techo del área de cata deberán ser de tonalidades neutras y claras, de manera que no ejerzan influencia sobre el aspecto de las muestras. El color blanco mate y los grises claros son recomendables.

La iluminación debe ser suficiente, uniforme para todos los catadores y, lo mas semejante posible a la luz ambiental. Generalmente, esta condición se cumple con la instalación concebida para la iluminación normal de oficinas o laboratorios. Esto es, lámparas fluorescentes en el techo del área y además una lámpara de 20 a 60 cm de altura sobre cada cabina, de forma tal que la luz no incida directamente sobre los ojos (Torricella *et al.* 2007).

3.6.2 Codificación de las muestras

En la formación de la respuesta no solo participa el estímulo, sino que, de forma involuntaria, se integran los conocimientos adquiridos anteriormente por el sujeto. Por este motivo se hace necesario evitar “informar” a los catadores sobre la naturaleza de las muestras, identificándolas de tal forma que no sugieran al juez ninguna relación entre ellas, para ello deben ser codificadas adecuadamente. No se deben utilizar códigos alfabéticos (A, B, C, D) o numéricos de un dígito (1, 2, 3, 4) que impliquen en si un ordenamiento, a no ser que no se tenga otra opción. Esto pudiera influenciar a los degustadores. Para evitar este efecto se utilizan códigos aleatorios de dos o tres cifras asignados por el responsable de la prueba (Torricella *et al.* 2007).

3.6.3 Tamaño de la porción de ensayo y cantidad de muestras

En general se acostumbra a entregar a cada degustador una muestra, una porción de esta o varias Muestras. El tamaño de la porción de ensayo debe ser suficiente para que el degustador pueda evaluar la muestra. En los sólidos se recomienda entregar a cada catador de 20 a 30 g (Torricella *et al.* 2007).

3.6.4 Temperatura de las muestras

La porción de ensayo se presentara a la temperatura a la que habitualmente se consume el producto. Es sumamente importante asegurar que la temperatura sea uniforme para todas las muestras. En general, se considera adecuado para los alimentos calientes servirse a temperaturas de 55 a 75°C. Debe no obstante tenerse en cuenta que a temperaturas muy bajas o muy altas no puede saborearse bien el alimento, ni apreciarse adecuadamente su sabor característico (Torricella *et al.* 2007).

3.6.5 Horario de realización de pruebas

Las mejoras horas para efectuar las evaluaciones son de 9 a 11 am y de 3 a 5 pm, aunque este horario no es rígido pudiendo adaptarse a las condiciones del lugar donde se está ejecutando el análisis. Es importante considerar que las horas a las que se efectúen las evaluaciones sean constantes a lo largo de todo el estudio, pues con ello se logra evitar introducir una variable no controlada. En análisis de rutina debe fijarse además que días se harán las evaluaciones, siendo los días menos aceptables los lunes y viernes, ya que se inicia y termina la semana de trabajo pudiendo haber afectaciones de carácter psíquico (Espinosa 2007).

Uno de los aspectos de mayor importancia para la obtención de resultados confiables es la selección de pruebas sensoriales adecuadas a los objetivos. En la práctica se ha comprobado que este es uno de los aspectos en el cual más confusión ha existido y existe. Para facilitar la comprensión de los tipos de pruebas sensoriales estas se clasificaran en dos grandes grupos: pruebas analíticas y pruebas afectivas. Las analíticas tienen un objetivo, la evaluación comparativa o descriptiva de la calidad mediante un grupo reducido de catadores experimentados, adiestrados o expertos, mientras que las afectivas, por el contrario, brindan información acerca de la preferencia o aceptación que tienen los consumidores por el producto que se evalúa, para lo que se debe trabajar con un gran número de degustadores no adiestrados, es decir, consumidores representativos de la

población. Dentro de las pruebas analíticas esta la prueba descriptiva que se utiliza para describir las diferencias entre muestras durante los estudios de calidad, o para definir los atributos y parámetros que más influyen en la calidad sensorial (Torricella *et al.* 2007).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del experimento

El experimento se realizó en la FABRICA DE EMBUTIDOS EUROPEA S.A. DE C.V. (FEESA), que se encuentra localizada en el barrio el Manchen, calle principal, Tegucigalpa; Y en la planta de procesamiento cárnico de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en la ciudad de Catacamas, Olancho.

4.2 Materiales y equipo

Se utilizó materia prima importada (cerdo extra uno), condimentos y aditivos, cuartos fríos, tombler, embutidora y ahumador.

4.3 Descripción de corridas experimentales

Se estableció el tamaño de 25 kg para cada corrida experimental, se procedió a agregar la salmuera, a aplicar los diferentes niveles de masajeo de acuerdo a los distintos tratamientos. Posteriormente se procedió a realizar la toma de datos de acuerdo a las variables establecidas. Las corridas experimentales se describen en el Cuadro 1

Cuadro 1. Corridas experimentales ejecutadas

Agua	Masajeo (hrs)	Fosfato (%)	Codificación
Pozo	18	0.5	P-18 -0.5
Pozo	12	0.5	P-12-0.5
Pozo	18	0.31	P-18-0.31
Pozo	12	0.31	P-12-0.31
Sanaa	18	0.5	S-18-0.5
Sanaa	12	0.5	S-12-0.5
Sana	18	0.31	S-18-0.31
Sanaa	12	0.31	S-12-0.31
Mezcla	18	0.5	M-18-0.5
Mezcla	12	0.5	M-12-0.5
Mezcla	18	0.31	M-18-0.31
Mezcla	12	0.31	M-12-0.31

En el cuadro anterior se muestra la combinación de cada una de las 12 corridas, las que posteriormente se aleatorizarón mediante el programa estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1 para reducir la variabilidad experimental y propiciar condiciones similares para todas las corridas.

4.4 Variables evaluadas

4.4.1 Rendimiento

Para medir esta variable se tomaron los datos de peso del producto terminado estableciendo la relación correspondiente con el peso inicial mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Lbs. producto terminado}}{\text{Lbs. producto inicial}} \times 100$$

4.4.2 Características organolépticas

Se utilizó un panel compuesto de 4 personas de la Fábrica Embutidos Europea a la que en su momento se les pidió evaluar una a una las 12 corridas experimentales en los parámetros de color, sabor, textura y olor; para esta evaluación se utilizó una escala de siete puntos y para reducir el sesgo todas las muestras fueron codificadas con tres números al azar. La hoja de evaluación sensorial que se les presentó a los participantes se muestra en el Anexo 1. En el Cuadro 2 se presentan las corridas experimentales con su respectiva codificación.

Cuadro 2. Corridas experimentales con su codificación

Tratamiento	Codificación
P-18 -0.5	835
P-12-0.5	138
P-18-0.31	784
P-12-0.31	443
S-18-0.5	352
S-12-0.5	986
S-18-0.31	970
S-12-0.31	563
M-18-0.5	380
M-12-0.5	231
M-18-0.31	610
M-12-0.31	335

4.4.3 Relación beneficio costo

La relación beneficio costo parcial esta presentada por la relación ingresos/egresos, el análisis de la relación beneficio costo toma los valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

$B/C > 1$ implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el producto es aconsejable.

$B/C = 1$ implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el producto es indiferente.

$B/C < 1$ implica que los ingresos son menores que los egresos entonces el producto no es aconsejable.

4.5 Modelo estadístico aplicado

El diseño utilizado corresponde a un factorial mezclado 3×2^2 donde se estudiaron los efectos de 3 factores, para aumentar los grados de libertad del análisis estadístico se hizo una mezcla del factor agua el cual se combinó con el nivel bajo y el nivel alto de los otros dos factores, generando así un total de 12 corridas experimentales. A continuación se presenta el modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + M_j + C_k + (AM)_{ij} + (AC)_{ik} + (MC)_{jk} + (AMC)_{ijk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable aleatoria observable-

μ = Media general.

A_i = efecto del agua.

M_j = efecto del masajeo.

C_k = efecto del fosfato.

AM_{ij} = Interacción agua-masajeo

AC_{ik} = Interacción agua-fosfato

MC_{jk} = Interacción masajeo-fosfato

AMC_{ijk} = Interacción entre el factor A x M x C.

E_{ijk} = error Experimental

Cuadro 3. Nivel de los factores principales del experimento

factor	Nivel bajo (-)	Nivel alto (+)
Naturaleza del agua	Pozo	SANAA
Tiempo de masajeo	12 horas	18 horas
Concentración de fosfato	0.31 %	0.5 %

4.6 Ejecución del experimento

Primero se realizó el reconocimiento de las instalaciones, materiales y equipo utilizados en la Fábrica Embutidos Europea de la misma forma el proceso de elaboración de jamón cubano. El trabajo se realizó en tres fases de este modo:

- a)** Elaboración del producto.
- b)** Aplicación de prueba de análisis sensorial.
- c)** Tabulación y análisis de datos y análisis de costo. Se elaboraron 2 corridas semanales con los pesos finales, se obtuvieron los rendimientos y se les aplicó una prueba de análisis sensorial a las 12 corridas experimentales.

Fase I. Elaboración del producto

En la Figura 1 se muestran los pasos a seguir para la elaboración de jamón cubano de cerdo

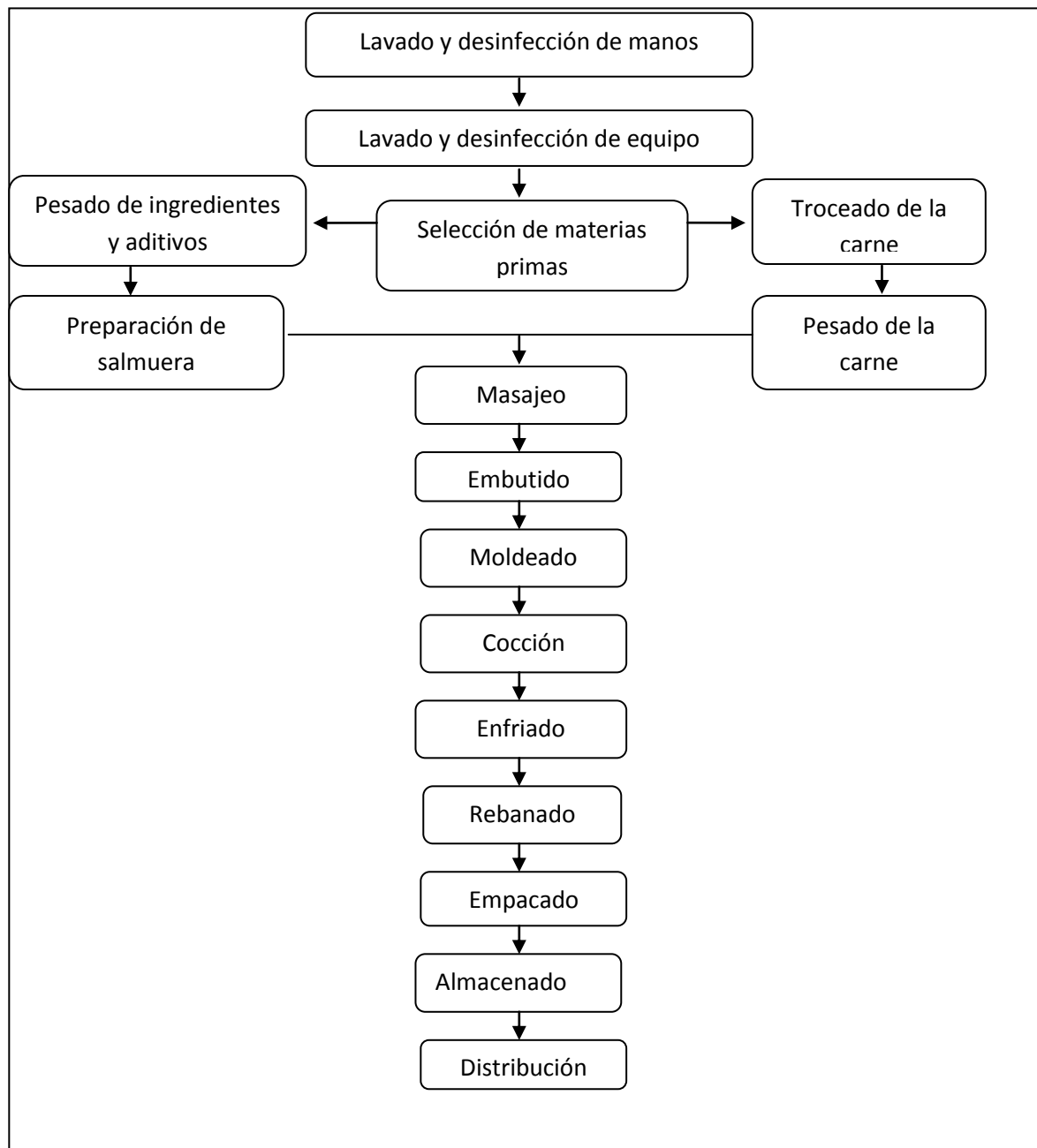


Figura 1. Diagrama de proceso del jamón cubano

Fase II. Aplicación de prueba de preferencia

A cada panelista se le presentaron 12 platos con su respectiva codificación conteniendo en ellos cada una de las 12 muestras incluyendo todas las posibles combinaciones de las 12 corridas experimentales anotando en la hoja de evaluación de catadores (Anexo 1) su respectiva calificación de cada una de las muestras evaluadas. Los números de cada plato están asignados según el Cuadro 2 que muestra el orden de las combinaciones para los participantes

Fase III. Tabulación de datos

Los datos de peso fueron tomados posterior a la elaboración, una vez rebanadas las 12 corridas experimentales se realizaron los cálculos de rendimiento. Posterior al rebanado se aplicó la prueba de análisis sensorial. Los datos de rendimiento se utilizaron para calcular la relación beneficio costo parcial. Los datos obtenidos de la evaluación sensorial fueron tabulados después de su aplicación, luego se realizaron los cálculos necesarios y su interpretación.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados para cada una de las variables propuestas en la investigación.

5.1 Rendimiento de producto terminado

Para determinar el efecto de los tratamientos en el rendimiento del jamón cubano de cerdo se tomó en cuenta el peso del producto al inicio comparado con el rendimiento del producto al finalizar el proceso. El rendimiento para cada una de las corridas experimentales se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Rendimientos de las corridas experimentales

Tratamiento	Rendimiento (%)
P-18 -0.5	82.63
P-12-0.5	78.66
P-18-0.31	68.90
P-12-0.31	72.00
S-18-0.5	63.94
S-12-0.5	80.43
S-18-0.31	74.49
S-12-0.31	73.92
M-18-0.5	63.98
M-12-0.5	64.88
M-18-0.31	78.07
M-12-0.31	63.03

Como se puede ver en el cuadro anterior hay rendimientos del 80 % y otros del 63 %, aunque se observan diferencias bastante altas estadísticamente no son significativas.

La Figura 2 muestra el gráfico de Pareto con los resultados del ANAVA que indica que no hay diferencia en el rendimiento entre los niveles de los factores (Anexo 2). En general las variables evaluadas no tienen incidencia en el rendimiento del jamón cubano de cerdo, lo que indica que las diferencias de rendimiento son producto del azar

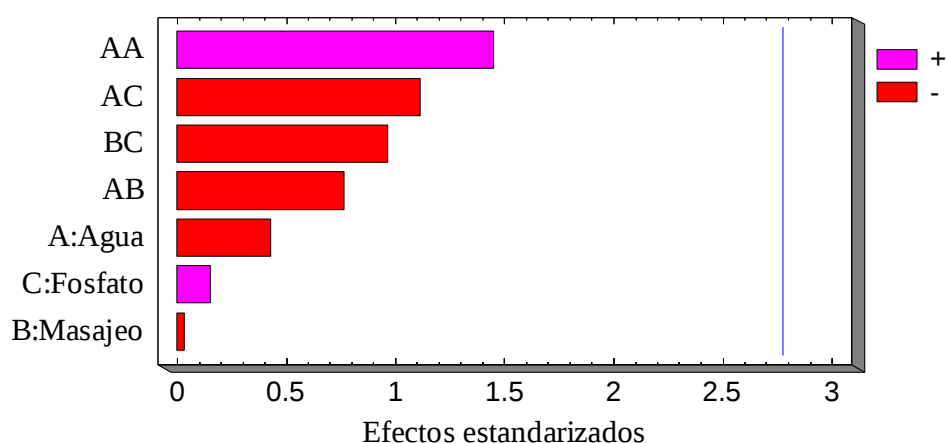


Figura 2. Gráfico de Pareto para el rendimiento

NOTA: La línea azul representa el valor de 3 sigmas (95%) de confiabilidad, valores que la sobrepasan son significativos.

5.2 Análisis sensorial

La evaluación sensorial se evaluó en 4 respuestas: color, sabor, textura y olor, a estas se les aplicó un análisis de varianza al 95 % de confianza donde solo tres de esas respuestas estadísticamente son significativas.

5.2.1 Análisis de la variable sabor

En el Cuadro 5 se muestra la calificación para sabor de acuerdo a los valores obtenidos de la prueba de análisis sensorial donde se utilizó una escala de 1 a 7 siendo 1 extremadamente desagradable y 7 extremadamente agradable

Cuadro 5. Calificación para la variable sabor

Tratamiento	Calificación
P-18 -0.5	5.5
P-12-0.5	5.5
P-18-0.31	6.5
P-12-0.31	6
S-18-0.5	7
S-12-0.5	5.5
S-18-0.31	5.5
S-12-0.31	5.25
M-18-0.5	6
M-12-0.5	4.5
M-18-0.31	5.5
M-12-0.31	5.5

El ANAVA indica que el masajeo a 18 horas (Anexo 3) es el que presenta un efecto positivo en cuanto al sabor del jamón, los resultados concuerdan con lo expresado por Rocha (2007) quien afirma que entre más tiempo se masajee la carne, mas disolución y extracción de proteína se logrará, y dándole tiempos de reposo en el masajeo aumenta la absorción de ingredientes permitiendo que la sal y otros ingredientes penetren mejor las proteínas resaltando de esta manera el sabor del jamón. Los resultados también muestran una interacción del agua del SANAA con el nivel alto de fosfato (0.5%), esto concuerda con lo mencionado por Miranda (s.f) quien manifiesta que los fosfatos son excelentes secuestrantes de metales como el hierro que es un precursor de la rancidez oxidativa y causa cambios en el sabor de los productos. Al utilizar concentraciones altas de fosfato en

la salmuera se ligan todos aquellos metales pesados presentes en el agua evitando de esta manera que metales como el hierro causen sabor desagradable en el jamón. La significancia de los efectos se puede apreciar con más claridad en la Figura 3.

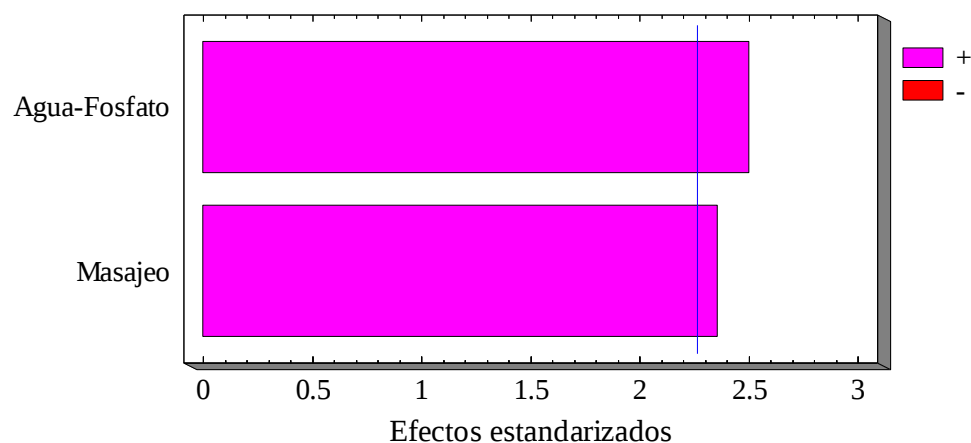


Figura 3. Gráfico de Pareto para la variable sabor

NOTA: La línea azul representa el valor de 3 sigmas (95%) de confiabilidad valores que la sobrepasan son significativos.

En el gráfico de Pareto de la figura anterior la coloración indica que es el masajeo a 18 horas y la interacción agua del SANAA-fosfato al 0.5% los que tienen un efecto significativo en el sabor del jamón, es decir que son estos factores los que influyen en el mejoramiento del sabor del jamón cubano.

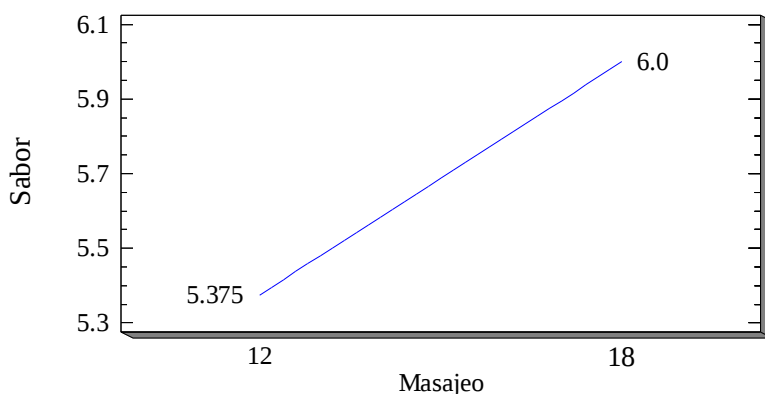


Figura 4. Gráfico de efectos principales para sabor

En la figura anterior se muestra el efecto que tiene el masajeo en el sabor, tal como lo indica el gráfico de Pareto es el nivel alto (18 horas de masajeo) donde se tiene la calificación más alta para sabor. Lo mismo sucede con la Figura 5 donde se muestra la interacción agua-fosfato. Cuando se utiliza agua del SANAA la puntuación más alta en el sabor se logra utilizando 0.5 % de fosfato, cuando se utiliza agua de pozo con previo tratamiento la puntuación más alta se logra utilizando 0.31% de fosfato. El efecto de la interacción agua- fosfato se debe a que el fosfato es disuelto en la salmuera este actúa dependiendo del medio en el que se encuentre ya que fosfatos como el tripolifosfato de sodio expanden las proteínas de la carne, esto permite una mayor disolución de los ingredientes agregados en la salmuera y así potenciar el sabor del jamón cubano de cerdo.

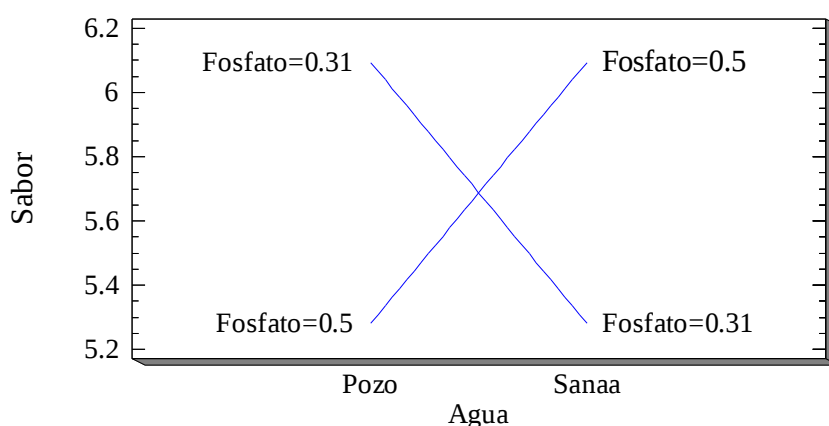


Figura 5. Gráfico de interacción para sabor

5.2.2 Análisis de la variable color

En el Cuadro 6 se muestra la calificación para color de acuerdo a los valores obtenidos de la prueba de análisis sensorial donde se utilizó una escala de 1 a 7 siendo 1 extremadamente desagradable y 7 extremadamente agradable

Cuadro 6. Calificación para el color

Tratamiento	Calificación
P-18 -0.5	5.5
P-12-0.5	5.25
P-18-0.31	4.75
P-12-0.31	5
S-18-0.5	7
S-12-0.5	6.25
S-18-0.31	5
S-12-0.31	4.5
M-18-0.5	5.75
M-12-0.5	5.5
M-18-0.31	5
M-12-0.31	5.25

El Cuadro 6 muestra los valores obtenidos para la variable color. Una vez más el análisis de varianza (Anexo 5) indica que es el fosfato en concentración de 0.5 % y la interacción agua del SANAA-fosfato 0.5 % los que tienen efecto positivo en el color del jamón las concentraciones adecuadas de fosfato tienen efecto en la estabilidad del color. Esto se debe a que en la carne se encuentra la proteína llamada mioglobina la cual es el principal pigmento de coloración de la carne, y el color de los productos depende fundamentalmente del estado en que se encuentre la mioglobina.

Según Calvo (s.f) la mioglobina reacciona con el oxido nitroso procedente de la reducción de los nitritos utilizados como aditivo formando nitroso hemocromo que es el que fija el color rosado característico de los productos. Cuando esta reacción se da se libera hierro es aquí donde entra en acción el fosfato atrapando el hierro permitiendo de esta manera la estabilidad del color en el producto.

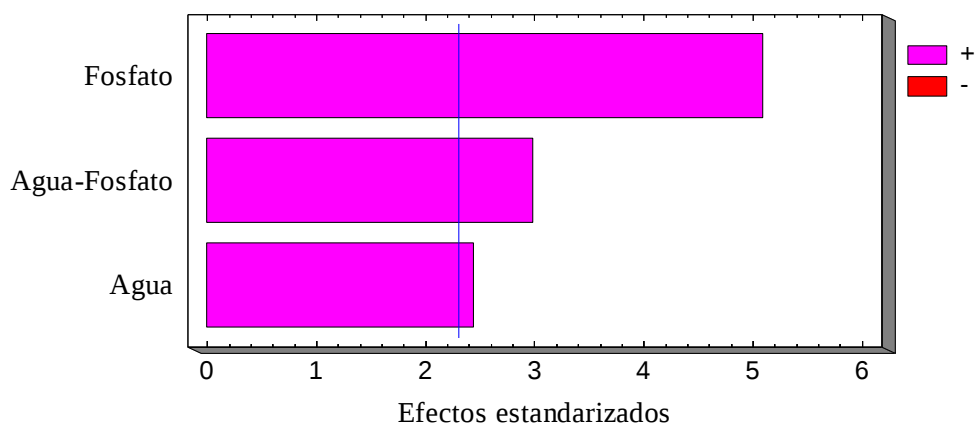


Figura 6. Gráfico de Pareto para la variable color

NOTA: La línea azul representa el valor de 3 sigmas (95%) de confiabilidad los valores que la sobrepasan son significativos.

En el gráfico de Pareto de la Figura 6 la coloración indica que es el agua del SANAA, fosfato al 0.5% y la interacción agua del SANAA-fosfato al 0.5% los que tienen un efecto sobre el color del jamón cubano de cerdo.

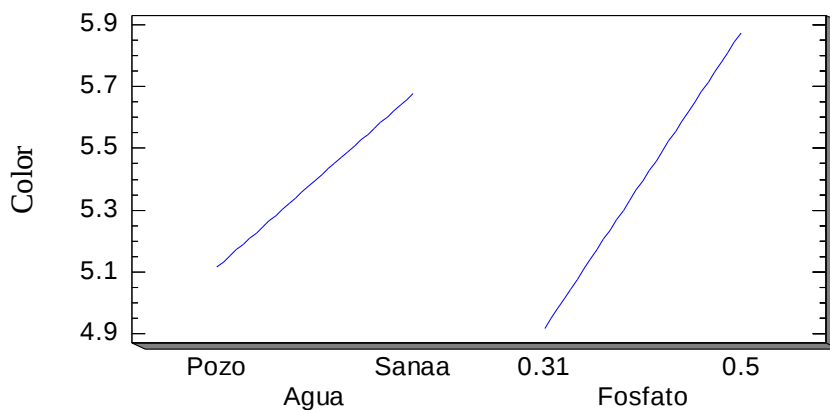


Figura 7. Gráfico de efectos principales para la variable color

En la Figura 7 se observa el comportamiento que tienen los factores individuales en el color del jamón como se observa en el gráfico de Pareto es el agua del SANAA y fosfato al 0.5% los que tienen mayor influencia en el color del jamón cubano de cerdo. Esto se demuestra también en el gráfico de interacción donde se puede ver que la interacción agua del

SANAA y 0.5 % de fosfato es donde se tiene la puntuación más alta en el color del producto.

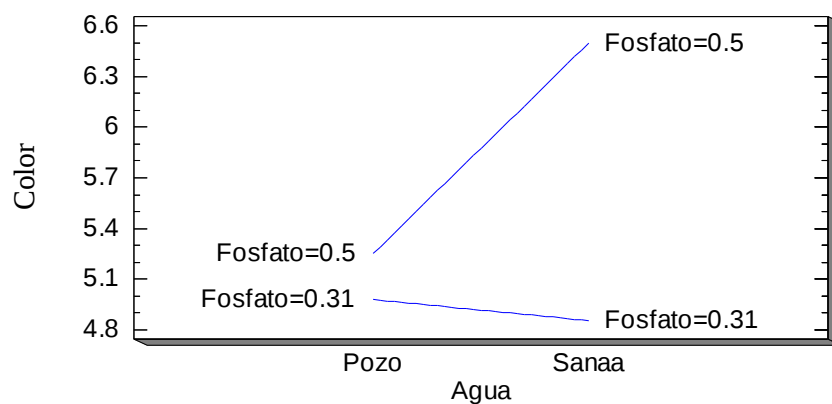


Figura 8. Gráfico de interacción para el color

5.2.3 Análisis de la variable olor

En el Cuadro 7 se muestra la calificación para olor de acuerdo a los valores obtenidos de la prueba de análisis sensorial donde se utilizó una escala de 1 a 7 siendo 1 extremadamente desagradable y 7 extremadamente agradable.

Cuadro 7. Calificación obtenida para el olor

Tratamiento	Calificación
P-18 -0.5	6
P-12-0.5	6.25
P-18-0.31	6.5
P-12-0.31	6
S-18-0.5	6
S-12-0.5	6
S-18-0.31	5.75
S-12-0.31	5.75
M-18-0.5	6
M-12-0.5	6.25
M-18-0.31	6
M-12-0.31	6.25

El ANAVA se elaboró al 95 % de confianza dando significativo para el olor el agua de pozo, los otros factores individuales en conjunto con las interacciones no son significativas (Anexo 7).

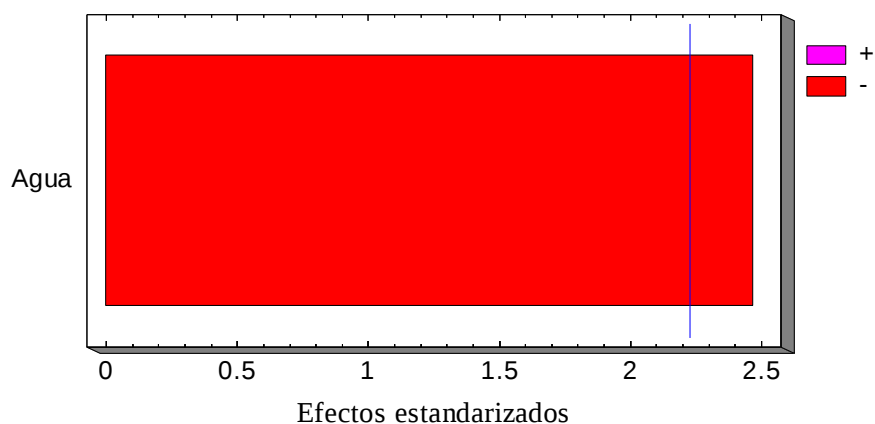


Figura 9. Gráfico de Pareto para la variable olor

NOTA: La línea azul representa el valor de 3 sigmas (95%) de confiabilidad los valores que la sobrepasan son significativos.

La coloración en la Figura 9 donde se muestra el gráfico de Pareto indica que es el agua de pozo la que tiene un efecto sobre el olor del jamón cubano.

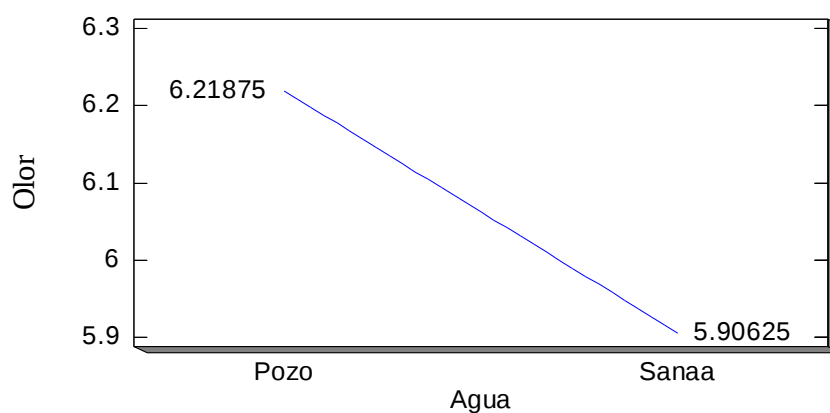


Figura 10. Gráfico del efecto del agua en el olor

En la figura anterior se muestra el efecto que tiene el agua en el olor del producto tal como lo indica el gráfico de Pareto es el agua de pozo la que muestra el mayor efecto en cuanto al olor.

5.2.4 Análisis de la variable textura

En el Cuadro 8 se muestra la calificación para textura de acuerdo a los valores obtenidos de la prueba de análisis sensorial donde se utilizó una escala de 1 a 7 siendo 1 extremadamente desagradable y 7 extremadamente agradable.

Cuadro 8. Calificación obtenida para la textura

Tratamiento	Calificación
P-18 -0.5	5.5
P-12-0.5	6.25
P-18-0.31	5.25
P-12-0.31	5.75
S-18-0.5	6.5
S-12-0.5	6.5
S-18-0.31	5
S-12-0.31	5.25
M-18-0.5	5
M-12-0.5	6.75
M-18-0.31	6
M-12-0.31	6.25

La Figura 11 muestra el gráfico de Pareto con los resultados del ANAVA que indica que no hay diferencia en la textura entre los niveles de los factores. En general las variables evaluadas no tienen incidencia en la textura del jamón cubano de cerdo, lo que indica que las diferencias de textura son producto del azar.

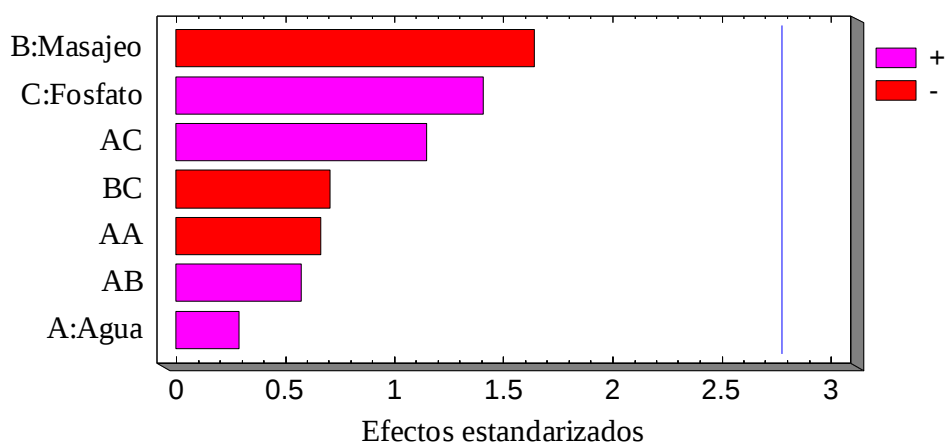


Figura 11. Gráfico de Pareto para la variable textura

NOTA: La línea azul representa el valor de 3 sigmas (95%) de confiabilidad, valores que la sobrepasan son significativos.

5.3 Análisis relación beneficio costo parcial

La relación beneficio costo se calculó en base al ingreso generado por cada corrida experimental comparado con el costo de producción para cada corrida (Anexo 9) donde se muestran los ingresos y egresos de cada corrida.

Todos los resultados de la relación beneficio costo parcial son positivos, todas las corridas muestran una relación mayor que 1, por lo tanto todos los tratamientos son aconsejables la corrida experimental agua de pozo 18 horas de masajeo y 0.5 % de fosfato genera el mayor beneficio económico comparado con las demás corridas (Cuadro 9)

Cuadro 9. Análisis relación beneficio costo

Tratamiento	Beneficio
P-18 -0.5	1.84
P-12-0.5	1.78
P-18-0.31	1.54
P-12-0.31	1.63
S-18-0.5	1.425
S-12-0.5	1.81
S-18-0.31	1.67
S-12-0.31	1.67
M-18-0.5	1.426
M-12-0.5	1.46
M-18-0.31	1.74
M-12-0.31	1.428

En el Cuadro diez se muestra una proyección de los egresos e ingresos y la contribución marginal para 108 horas de trabajo continuo para esta proyección se tomo en cuenta las dos corridas que presentaron el mayor rendimiento.las corridas con mayor rendimiento son:

agua de Pozo, 18 horas de masajeo. 0.5% de fosfato utilizando esta combinación de factores en 108 horas se podrían hacer 6 tandas de jamón cubano, y agua del SANAA, 12 horas de masajeo, 0.5 de fosfato, con la combinación de estos factores se podrían hacer 9 tandas de jamón cubano.

Cuadro 10. Proyección de egresos e ingresos

Corrida Experimental	No. Tandas en 108 horas	Ingresos (Lps.)	Egresos (Lps.)	Contribución Marginal (Lps.)
P-18-0.5	6	136835.28	71881.88	64953.40
S-12-0.5	9	199788.12	107693.64	92094.48

Tal como lo muestra el cuadro anterior la combinación de los factores agua del SANAA, 12 horas de masajeo, 0.5 % de fosfato es la que muestra una mayor contribución marginal, esta combinación de factores también permite un mejor aprovechamiento del equipo debido a que en una producción continua se harían más tandas que utilizando la combinación de factores agua de Pozo, 18 horas de masajeo, 0.5 % de fosfato.

Discusión final

Para la variable rendimiento ninguno de los factores que fueron objeto de estudio presentan significancia, lo que indica que no hay diferencia para el rendimiento entre una corrida y otra, si se quiere mejorar el rendimiento será necesario evaluar otros factores.

En cuanto al análisis sensorial tres de las cuatro respuestas evaluadas estadísticamente son significativas estas respuestas son: color, sabor y olor. En el color y el sabor del producto los factores que presentan el mejor efecto es el agua del SANAA, el fosfato en concentraciones de 0.5% y el masajeo a 18 horas. Para el olor del jamón cubano el que presenta el mejor efecto es el agua de pozo, esta agua para poder ser utilizada se suaviza con cloruro de sodio. Los factores evaluados para la textura estadísticamente no son

significativos, por lo tanto se puede utilizar cualquier tipo de agua, 12 o 18 horas de masajeo, y concentraciones de fosfato al 0.31 o 0.5% y en la textura del jamón no habrá diferencia.

La relación beneficio costo indica que todos las corridas experimentales son aconsejables para la empresa, ya que el beneficio para todas las corridas es mayor a uno.

VI CONCLUSIONES

1. Para mejorar el rendimiento del jamón cubano se necesita estudiar otros factores tales como la calidad de la carne y la aplicación de vacío durante el masajeo, ya que con los factores que se estudiaron los resultados muestran que las diferencias encontradas no son significativas.
2. De acuerdo a los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al color y sabor del jamón cubano los catadores presentaron una mayor preferencia por muestras en las que se utilizó agua del SANAA.
3. Bajo las condiciones de este estudio, de todas las interacciones, la interacción agua del SANAA- 0.5 % de fosfato es la que presenta mayor efecto en el color y sabor del jamón cubano de cerdo.
4. En este estudio la corrida experimental que presenta el mayor beneficio económico es el agua de Pozo, 18 horas de Masajeo, 0.5 % de fosfato y la corrida que presenta el menor beneficio económico es el Agua del SANAA, 18 horas de masajeo, 0.5 % de fosfato, sin embargo todas las opciones son aceptables.

VII RECOMENDACIONES

1. Realizar más trabajos de investigación de este tipo bajo condiciones experimentales que permitan medir con exactitud los factores en estudio.
2. Desarrollar nuevamente un trabajo de esta naturaleza utilizando materia prima fresca (carne) con la aplicación de vacío durante el masajeo con tiempos de reposo.
3. Durante la etapa de cocción monitorear la temperatura de cocción del jamón, el horno no debe sobrepasar los 80 °c
4. Dotar a la biblioteca de la UNA con más material bibliográfico del área de tecnología de alimentos.

VIII BIBLIOGRAFÍA

Abadie, M. 2006. Efecto de tres métodos de aplicación de salmuera sobre las cualidades sensoriales y físicas de un jamón. Tesis Ingeniería Agroindustrial. Zamorano, Honduras. 31 pág.

Acevedo, M. 2004. Evaluación de los atributos principales de la calidad de la carne de origen local e importada, según se ofrece al consumidor. Tesis de grado (en línea) consultado el 15 agosto. 2010, disponible en <http://www.grad.uprm.edu/tesis/acevedosalinas.pdf>

Arango, M; Restrepo, D. 2004. Estructura, composición química y calidad industrial de la carne (en línea) consultado el 28 septiembre. 2010, disponible en <http://www.scribd.com/doc/8717494/cap-2-Estructura-Composicion-Qimica>

Calvo, M. s.f. La Mioglobina y el color de la carne (en línea) consultado el 18 noviembre 2010, disponible en <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/mioglobina.html>

Degesa 1996. Calidad de la carne. (en línea) Consultado 20 agosto 2010. Disponible en <http://www.degesa.com/calidad.htm>

Hui, H. 2006. Ciencia y tecnología de las carnes: Refrigeración y congelamiento. México, D.F. Limusa. 634 pág.

Fernández, M; Morales, J; Montiel, A; Mendívil, M. 2008. Composición proximal y atributos sensoriales de jamón preparado con tres niveles de inyección de salmuera (en línea) consultado el 18 septiembre. 2010, disponible en <http://www.biotechia.uson.mxrevistasarticulos1-art6.pdf>

Miranda, M. s.f. Fosfatos en la industria cárnica (en línea) consultado el 27 septiembre. 2010, disponible en <http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/7258-fosfatos-la-industria-carnica>

Manfugás, J. 2005. Evaluación sensorial de los alimentos. Ministerio de Educación Superior, 2007. Ciudad de la Habana Editorial universitaria. Todas las Universidades en una: EDUNIV. (en línea) consultado el 15 agosto 2010, disponible en <http://revistas.mes.edu.cu/EDUNIV/legalcode-ar.htm>

Márquez, S. 2005. Uso de extensores de soya y almidón de papa en la elaboración de chorizo ahumado. Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho. 41 pág.

Paguada, E. 2008. Efecto de la carragenina sobre el rendimiento de la chuleta ahumada de cerdo. Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho. 52 pág.

Rocha, A. 2007. Alcanzando resultados óptimos del masajeado (en línea) consultado el 16 septiembre 2010, disponible en <http://www.carnetec.com/MembersOnly/technology/details.aspx?item=849>

Ruiz, J. 2005. Textura de músculos de cerdo y de jamón curado con distintos niveles de NaCl, pH, y contenido de agua. Tesis Doctoral en Ciencias de los Alimentos Universidad Autónoma de Barcelona. 218 Pág.

Sabillon, L. 2008. Efecto de la κ -carragenina y lactato de sodio sobre las características químicas, físicas y sensoriales de un jamón picado de cerdo en anaquel iluminado y sin iluminar. Tesis Agroindustria Alimentaria Zamorano, Honduras. 49 Pág.

Torricella, R; Zamora, E; Pulido, H. 2007. Evaluación Sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la Industria Alimentaria. Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria. 131 pág.

Venegas, O; Valladares, C. 1999. Clasificación de los productos cárnicos (En línea) consultado el 19 septiembre 2010, disponible en http://www.pbvs.sld.curevistasalivol13_1_99ali11199-pdf

Xargayó, M; Lagares, J. s.f. Masajeo computarizado de la carne (en línea) consultado el 15 agosto. 2010, disponible en <http://www.metalquimia.compdfsdoctec218.pdf>

Wirth, F. 1992. Tecnología de los embutidos escaldados. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza (España). 237 pág.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de análisis sensorial.

Prueba de aceptación

Desarrollo de Jamón Cubano

Nombre _____ Fecha _____

Instrucciones: Por favor responda a las preguntas que a continuación se le presentan marcando la respuesta que más refleje sus opiniones acerca del producto de acuerdo con la escala que a continuación se le presenta.

Es importante que entre muestra y muestra, tome un poco de agua

1) Extremadamente desagradable

5) Agradable

2) Muy desagradable

6) Muy agradable

3) Desagradable

7) Extremadamente agradable

4) Ni me gusta ni me disgusta

¿Qué opina acerca del **COLOR** del producto con el código?

563 970 231 352 784 380 443 335 835 986 610 138

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

¿Qué opina acerca del **SABOR** del producto con el código?

563 970 231 352 784 380 443 335 835 986 610 138

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

¿Qué opina acerca de la **TEXTURA** del producto con el código?

563 970 231 352 784 380 443 335 835 986 610 138

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

¿Qué opina acerca del **OLOR** del producto con el código?

563 970 231 352 784 380 443 335 835 986 610 138

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Anexo 2. Análisis de varianza para el rendimiento

Fuente	Suma de cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabulado
A: Agua	11.0333	1	11.0333	0.18	0.6903
B: Masajeo	0.0697688	1	0.0697688	0.00	0.9744
C: Fosfato	1.41247	1	1.41247	0.02	0.8856
AA	126.257	1	126.257	2.10	0.2208
AB	35.2422	1	35.2422	0.59	0.4864
AC	74.6703	1	74.6703	1.24	0.3274
BC	56.0261	1	56.0261	0.93	0.3889
Error total	240.333	4	60.0832		
Total (corr.)	545.044	11			

Anexo 3. Análisis de varianza para sabor

Fuente	Suma de cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabulado
A: Agua	0.0078125	1	0.0078125	0.05	0.8410
B: Masajeo	1.17188	1	1.17188	8.87	0.0587
C: Fosfato	0.00520833	1	0.00520833	0.03	0.8698
AA	0.585938	1	0.585938	3.44	0.1374
AB	0.195313	1	0.195313	1.15	0.3449
AC	1.32031	1	1.32031	7.74	0.0497
BC	0.421875	1	0.421875	2.47	0.1909
Error total	0.682292	4	0.170573		
Total (corr.)	4.39063	11			

Anexo 4. Análisis de varianza para el sabor con factores significativos

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F de tabla
B: Masajeo	1.17188	1	1.17188	5.56	0.0428
AC	1.32031	1	1.32031	6.26	0.0338
Error Total	1.89844	9	0.210938		
Total (corr.)	4.39063	11			

Anexo 5. Análisis de varianza para color

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F de tabla
A: Agua	0.632813	1	0.632813	6.48	0.0636
B: Masajeo	0.130208	1	0.130208	1.33	0.3125
C: Fosfato	2.75521	1	2.75521	28.21	0.0060
AA	0.00260417	1	0.00260417	0.03	0.8782
AB	0.195313	1	0.195313	2.00	0.2302
AC	0.945313	1	0.945313	9.68	0.0358
BC	0.130208	1	0.130208	1.33	0.3125
Error total	0.390625	4	0.130208		
Total (corr.)	5.18229	11			

Anexo 6. Análisis de varianza para el color con factores significativos

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabla
A: Agua	0.632813	1	0.632813	5.96	0.0404
C: Fosfato	2.75521	1	2.75521	25.96	0.0009
AC	0.945313	1	0.945313	8.91	0.0175
Error Total	0.848958	8	0.10612		
Total (corr.)	5.18229	11			

Anexo 7. Análisis de varianza para olor

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F de tabla
A: Agua	0.195313	1	0.195313	4.84	0.0927
B: Masajeo	0.00520833	1	0.00520833	0.13	0.7376
C: Fosfato	0.00520833	1	0.00520833	0.13	0.7376
AA	0.0234375	1	0.0234375	0.58	0.4885
AB	0.0078125	1	0.0078125	0.19	0.6827
AC	0.0703125	1	0.0703125	1.74	0.2574
BC	0.046875	1	0.046875	1.16	0.3419
Error total	0.161458	4	0.0403646		
Total (corr.)	0.515625	11			

Anexo 8. Análisis de varianza con efectos significativos para la variable olor

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabla
A: Agua	0.195313	1	0.195313	6.10	0.0331
Error Total	0.320313	10	0.0320312		
Total (corr.)	0.515625	11			

Anexo 9. Relación Beneficio costo según corrida experimental

Tipo de Agua	Masajeo (Hrs)	Fosfato (%)	Ingresos (Lps.)	Egresos (Lps.)	Relación Beneficio Costo	
SANAA	18	0.31	3426.632	2056.3521	1.67	F
MEZCLA	12	0.5	2984.664	2036.5582	1.46	I
MEZCLA	18	0.5	2943.08	2062.4782	1.426	K
SANAA	12	0.5	3699.78	2037.5267	1.81	B
SANAA	18	0.5	2941.378	2063.4467	1.425	L
SANAA	12	0.31	3400.55	2030.4321	1.67	E
POZO	12	0.5	3618.406	2035.599	1.78	C
POZO	18	0.5	3800.98	2061.519	1.84	A
POZO	18	0.31	3169.308	2054.3986	1.54	H
MECLA	18	0.31	3591.174	2055.3786	1.74	D
MEZCLA	12	0.31	2899.426	2029.4586	1.428	J
POZO	12	0.31	3311.816	2028.4786	1.63	G