

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
"SUCRE"
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y
PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR
SAN CARLOS- VENEZUELA**



**ELABORACION DE UN PRODUCTO TIPO PELLETT PARA SU
PRODUCCION INDUSTRIAL A PARTIR DE PIEL DE CERDO**

Br. Jhoselis Carrizales C.I. 24.013.718

Br. Karla León C.I. 24.245.163

Tutor: Ing. Gabriel Cravo

Diciembre 2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
"GARCÍA GUSMÁN" COQUETÓ
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y
PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR
SAN CARLOS- VENEZUELA**



ACTA DE APROBACION

El Trabajo de Grado Titulado: **ELABORACION DE UN PRODUCTO TIPO PELLET PARA SU PRODUCCION INDUSTRIAL A PARTIR DE PIEL DE CERDO** presentado por los bachilleres: Jhoselis Del C. Carrizales M. C.I. 24.013.718 y Karla Y. Leon L, C.I. 24.245.163, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agroindustrial, fue aprobado en fecha: _____ de: _____ de 2016, por el siguiente jurado:

Prof. _____

Prof. _____

C.I.C.I.

Prof. _____

C.I. _____

Tutor.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por permitirme la vida y las experiencias obtenidas en este trayecto.

A mis padres por su apoyo incondicional durante el transcurrir de mi carrera.

A mis compañeros por cada una de las experiencias en las cuales estuvieron apoyándonos y a todas aquellas personas que de una u otra manera forman parte de este trabajo a todos mil gracias.

Jhoselis Carrizales

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por darme el don de la vida, a mi abuela por formar esto que hoy día soy, a mi madre por su apoyo incondicional.

A todas aquellas personas que en el transcurrir de esta hermosa etapa estuvieron de nuestro lado dando su apoyo incondicional, en especial a los Prof. LLeysmar Crespo y Gabriel Cravo, sin ellos no hubiese sido posible.

A todos mil gracias.

Karla León

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios, a mis padres, familia y amigos por creer en mí, por apoyar cada una de las metas que me he planteado en el transcurrir de mi vida y de esta etapa tan maravillosa como lo es la etapa universitaria.

A todos y cada uno de los profesores de la UNELLEZ en especial a los del programa Ciencias del Agro y el Mar, quienes aportaron su granito de arena para formar estudiantes en la rama de Ingeniería Agroindustrial.

Jhoselis Carrizales

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios, por el don de la vida, por permitirme la dicha de ser estudiante, a mi abuela, quien hizo de mi una persona de bien, con principios, valores y el don del estudio. A mi madre por estar cada etapa de mi vida apoyándome.

A todos y cada uno de mis amigos, en especial a Zacheska Torcatty y Jhoselis Carrizales quienes dieron su apoyo en todo momento.

A todos los profe y compañeros de la universidad, a todos les hago llegar mis agradecimientos por ser parte de este logro.

Karla Leon

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE TABLA | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xi |
| RESUMEN | xii |
| SUMMARY | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I: | 3 |
| I.1.1 Planteamiento del problema | 3 |
| I.1.2 formulacion de los objetivos | 4 |
| I.1.2.1 Objetivo general | 4 |
| I.1.2.2 objetivos específicos | 4 |
| I.1.3 Evaluación del problema..... | 5 |
| I.1.3.1 Justificacion | 5 |
| I.1.4 Alcances y limitaciones | 6 |
| I.1.4.1 Alcances | 6 |
| I.1.4.2 Limitaciones | 6 |
| I.1.5 Ubicación geografica | 8 |
| I.1.6 Institucion, investigador , asesor, metodologia, tutor academico | 7 |
| I.1.6.1 Institucion..... | 7 |
| I.1.6.2 Investigador responsable..... | 7 |
| CAPITULO II: | 8 |
| II.IMARCO TEORICO | 8 |
| II.1.1. antecedentes de la investigacion | 8 |
| II.1.2. Bases teoricas..... | 10 |
| II.1.2.1. Cerdo | 11 |
| II.1.2.2 Desarrollo de la industria porcina | 11 |
| II.1.2.3 Razas de cerdo más explotadas en Venezuela | 12 |
| II.1.2.4. Duroc Jersey (suino)..... | 12 |
| II.1.2.5 Hampshire (suino) | 13 |

| | |
|--|----|
| II.1.2.6. Landrace (suino)..... | 14 |
| II.1.2.7. Yorkshire (suino) | 15 |
| II.1.2.8 Pietrain (suino)..... | 16 |
| II.1.2.9. Obtencion de la piel de cerdo | 16 |
| II.1.2.10. Estructura de la piel de cerdo..... | 17 |
| II.1.2.11. Piel | 17 |
| II.1.2.12. Estructura | 17 |
| II.1.2.13. Colágeno | 18 |
| II.1.2.14. Corteza de piel de cerdo | 19 |
| II.1.2.16. procesos para cortes de piel de cerdo | 19 |
| II.1.2.16. Características organolépticas de la piel de cerdo..... | 20 |
| II.1.2.17. Humedad..... | 21 |
| II.1.2.18.Método de secado en estufa | 22 |
| II.1.2.19. pH..... | 23 |
| II.1.2.20. Expansión..... | 24 |
| II.1.2.21. Pellet | 25 |
| II.1.2.22. Chicharron | 25 |
| II.1.2.23. Evaporador de vacío | 26 |
| II.1.2.24. Ventajas del evaporador de vacío | 26 |
| II.1.2.25.Secado..... | 27 |
| CAPITULO III | 29 |
| III.1. MARCO METODOLÓGICO | 29 |
| III.1.1.Modalidad de la Investigación | 29 |
| III.1.2. Población y Muestra | 29 |
| III.1.3. Diseño de la investigación | 31 |
| III.1.4.Metodología de proceso..... | 31 |
| III.1.5. Modelación matemática de procesos de alimentos..... | 34 |
| III.1.6 Diseño experimental hipercubo latino | 37 |
| III.1.6.1 Hipótesis estadístico | 37 |
| III.1.6.2. Hipótesis nula | 37 |

| | |
|--|-----------|
| III.1.6.3. Hipótesis alternativa | 38 |
| III.1.7. Formulación de sistemas de variable | 38 |
| III.1.7.1 Variables independientes | 38 |
| III.1.7.1 Variables dependientes | 38 |
| III.1.8 Equipos e instrumentos | 39 |
| III.1.8.1 Metodología para estandarizar los pellet de piel de cerdo | 39 |
| III.1.8.2 Recepcion de materia prima | 39 |
| III.1.8.3 Pesada | 40 |
| III.1.8.4 Corte según su tamaño | 40 |
| III.1.8.5 Adicion de preservantes | 40 |
| III.1.8.6 Deshidratado..... | 40 |
| III.1.8.7 Secado | 41 |
| III.1.8.8 Análisis de laboratorio | 41 |
| III.1.8.9 Pregalitinizacion (desnaturalizacion) del colageno de piel de cerdo | 43 |
| III.1.8.10 Metodología para proceso de analisis fisicos quimicos de la piel de cerdo | 44 |
| III.1.8.11 Analisis fisicos..... | 45 |
| III.1.8.12 Analisis quimicos..... | 45 |
| III.1.8.13 % Humedad | 45 |
| III.1.8.14 pH..... | 46 |
| III.1.8.15 Aw..... | 46 |
| III.1.8.16 Determinacion de cenizas | 47 |
| III.1.8.17 Determinacion de Proteina | 48 |
| III.1.8.18 Metodología de analisis microbiologicas para la piel de cerdo | 49 |
| CAPITULO IV | 53 |
| IV.1. RESULTADOS Y DISCUSION DE LA INVESTIGACION | 53 |
| CONCLUSIONES | 78 |
| RECOMENDACIONES | 80 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA..... | 81 |
| ANEXOS..... | 82 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica del cerdo | 11 |
| Tabla 2. Características de la carne (Durac jersey) | 13 |
| Tabla 3. Características de la carne (Hampshire)..... | 14 |
| Tabla 4. Características de la carne (Landrace) | 14 |
| Tabla 5. Características de la carne (Yorkshire) | 15 |
| Tabla 6. Características de la carne (Pietrain) | 16 |
| Tabla 7. Composición química de las pieles de cerdo | 24 |
| Tabla 8. Niveles máximos y mínimos del proceso | 32 |
| Tabla 9. Datos de tratamientos para elaborar pellet a partir de la piel de cerdo | 33 |
| Tabla 10. Expansión del pellet | 34 |
| Tabla 11. Calidad microbiológica de la piel tallada de cerdo..... | 51 |
| Tabla 12. O c v t k " õPuestas tecnológicas"medidas a los pellet de piel de cerdo | 54 |
| Tabla 13. Modelo para la respuesta Y1: contenido de humedad [%] | 60 |
| Tabla 14. Modelo de la respuesta Y3: expansión [cm ²]..... | 62 |
| Tabla 15. Parámetros del modelo genérico de la red neuronal artificial | 66 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama de proceso para la obtención de pellet a partir de la piel de cerdo | 42 |
| Figura 2. Esquema para análisis físico y químico de la piel de cerdo í | 43 |
| Figura 3. Determinación de Aerobios mesofilos í | 50 |
| Figura 4. Determinación de coliformes totales í | 51 |
| Figura 5. X k u w c n " f g " n c " d q p f c f " f g "...c...l.w.u.v..g..57f g " n q u " í | 57 |
| Figura 6. Contraste para la respuesta Y1: Humedad [%]..... | 58 |
| Figura 7. Contraste para la respuesta Y2: pH í | 59 |
| Figura 8. Contraste para la respuesta Y3: Expansión (cm ²) í | 59 |
| Figura 9. Condiciones de calidad alcanzadas para minimizar el contenido de humedad y maximizar la expansión con m.c.o.m..... | 64 |
| Figura 10. Red neuronal artificial, condiciones de entrenamiento y bondad de c l w u .v .g .u .í..... | 65 |
| Figura 11. Bondad de ajuste de los modelos de red neuronal artificial | 66 |
| Figura 12. Condiciones de calidad alcanzadas para minimizar el contenido de humedad y maximizar la expansión con red neuronal artificial í | 71 |
| Figura 13. Estructura difusa tipo mandani í | 72 |
| Figura 14. Estructura difusa tipo mandani í | 73 |
| Figura 15. Reglas difusas del sistema í | 74 |
| Figura 16. Reglas difusas para identificar el atributo color. | 74 |
| Figura 17. Reglas difusas para identificar el atributo olor í | 75 |
| Figura 18. Reglas difusas para identificar el atributo sabor í | 75 |
| Figura 19. Reglas difusas para identificar el atributo textura | 76 |
| Figura 20. Superficie de acción de control del sistema para el atributo textura y q n q .t .í..... | 77 |
| Figura 21. Superficie de acción de control del sistema para el atributo textura y u c d q .t .í..... | 77 |

UNELLEZ
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR
SAN CARLOS ó VENEZUELA



RESUMEN

**ELABORACION DE UN PRODUCTO TIPO PELLET PARA SU
PRODUCCION INDUSTRIAL A PARTIR DE PIEL DE CERDO**

Autores: Br. Jhoselis Del C. Carrizales M. y Karla Y. Leon L.
Tutor: Ing. Gabriel Cravo

La piel de cerdo es la materia prima principal para la elaboración de los pellets, con esta motivación, a través de la presente investigación se utiliza la piel tallada la cual es cortada en pequeños tamaños con unas dimensiones de 3x2 cm, medidas que tienden a cambiar mediante los tratamientos aplicados, para someter la piel a estos es necesario realizar ciertos análisis microbiológicos, físico y químicos, antes, durante y después del proceso, los cuales determinaran si la piel cumple con las especificaciones requeridas, para ello se le aplica diferentes aditivos al momento de realizar el tratamiento los cuales proporcionaran al producto ventajas en tanto sabor como en la expansión, es vital el control de algunas variables, las cuales van a influir sobre el pellets, las variables a controlar son: presión de vacío, tiempo y temperatura las cuales influyen en la humedad del producto, es importante destacar que entre menos contenido de agua y humedad contenga mayor será su expansión. Con referencia a lo anterior el pellet en su obtención final, tendrá un aumento de tamaño y el producto deberá tener una textura crujiente, debido a que al obtenerlo este se procede a freír en donde aumentara el tamaño y obtendrá lo crujiente debido a que se tratara de un producto tipo snacks.

Es importante mencionar que se busca innovar en cuanto a métodos y tecnologías para la elaboración de este, ya que estamos en busca de obtener un producto final de alto índole, el cual tenga la aceptación de los consumidores para así realizarlo a grandes escalas, debido a que se trata de una investigación para empresas ALIMENTOS PEPSICO. C.A; la cual está en busca de obtener resultados satisfactorios.

Palabras claves: Piel tallada, Pellets, expansión

UNELLEZ
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR
SAN CARLOS ó VENEZUELA



SUMMARY

**ELABORACION DE UN PRODUCTO TIPO PELLET PARA SU
PRODUCCION INDUSTRIAL A PARTIR DE PIEL DE CERDO**

Autores: Br. Jhoselis Del C. Carrizales M. y Karla Y. Leon L.
Tutor: Ing. Gabriel Cravo

Pig skin is the main raw material for the preparation of pellets, for which the carved skin is used which is cut into small sizes with dimensions of 3x2 cm, measures that tend to change through the treatments applied, to submit the Skin, it is necessary to perform certain microbiological, physical and chemical analyzes, before, during and after the process, which determine if the skin meets the required specifications, in the same sense different additives are applied at the time of the treatment. Which give the product advantages in both taste and in the expansion of this, it is vital the control of some variables, which will influence the pellets, the variables to be controlled are: vacuum pressure, time and temperature which influence the Moisture of the product, it is important to emphasize that the less content of water and moisture content, the greater its expansion. With reference to the previous one the pellet in its final obtaining, will have an increase of size and the product must have a crunchy texture, because to obtain it this one proceeds to fry in where it increases the size and it will obtain the crisp because it would be treated Of a snack type product.

It is important to mention that it seeks to innovate in terms of methods and technologies for the elaboration of this, since we are seeking to obtain a high end product, which has the acceptance of consumers to do so at large scales, due to That it is a research for PEPSICO FOOD companies. AC; Which is looking for satisfactory results.

Key words: Carved skin, Pellets, expand

Introducción

A medida que transcurren los años el comercio internacional se ha ido incorporando a nuestro país, siempre tratando de suplir las necesidades de sus habitantes o bien sea de empresas que deseen importar productos, de esta manera surge una ayuda entre naciones, perfeccionando así el intercambio internacional.

Venezuela es desde hace muchos años un país importador de bienes y servicios, pero recientemente la producción Nacional ha quedado prácticamente congelada, por lo que importar productos, materia primas, bienes y servicios se ha visto afectada en cuanto los costos, los cuales se han convertido inaccesibles, cerrando de esta manera importantes oportunidades de desarrollo, sin embargo es por estas razones que diferentes empresas de nuestro país han ido en busca de alternativas para así suplir algunas de las necesidades tanto del País como de las empresas y no se escapa de ello empresas PEPSICO C.A, esta importaba un producto tipo pellets elaborado con piel de cerdo, dicha piel sometida a diferentes tratamientos hasta obtener un pellets que luego de ser freído se convirtiera en un snack, pero por razones de Divisas fue imposible continuar con la importación.

Precisando de una vez que nuestra investigación va en busca de la formulación, tecnología y variables aplicadas para la obtención de piel deshidratada de cerdo, cabe destacar que la piel de cerdo es un derivado cárnico, el cual es uno de los más explotados en nuestra nación debido a su alto consumo, a pesar de que no sea elaborado en las condiciones óptimas el consumo de cerdo día a día aumenta, es por ello que la investigación y los experimentos busca lograr la aproximación o mejora del producto importado, cumpliendo con los requisitos exigidos por la empresa dando así un manejo adecuado a este sub producto.

Por las consideraciones anteriores se requiere el control de diferentes variables (temperatura, tiempo y presión de vacío) las cuales aportan al producto características

importantes, así como también emplear nuevas tecnologías que se encuentren al alcance de PEPSICO C.A

Dicho estudio es el objeto del presente trabajo "Evaluar un producto tipo pellet para su producción industrial a partir de piel de cerdo para la obtención y comercialización en empresas PEPSICO, ALIMENTOS E 0 .CEn este propósito se realizaron investigaciones como una primera etapa, las cuales engloban todo el estudio realizado, las fases que se deben ejecutar conjuntamente con información importante de la piel de cerdo, lo cual influirá al momento del proceso, por su contenido de grasa, en esta parte evidenciamos las fortalezas y debilidades las cuales ya han sido estudiadas y al momento de elaborar el pellet tomar control sobre estas. Con referencia a la clasificación anterior tomamos como segunda etapa los procedimientos, cada variable a controlar según su etapa de operación, de igual modo se efectuaron diferentes análisis, los cuales nos permitirán especificar o aproximar los valores de las variables controlables, si la piel esta acta para proceder a realizar los pellets hasta así obtener uno de calidad y alto rendimiento, que satisfaga los requerimientos de empresas PEPSICO C.A y las exigencias de sus consumidores, para la obtención del pellet es necesario la realización de diferentes tratamientos, los cuales son controlados a través de un evaporador y secador, variables que fueron tomadas en los puntos máximos y mínimos que se determinaron en las diferentes pruebas pilotos, que fueron las que nos indicaron los rangos y tiempo a emplear en la elaboración del pellets de cerdo.

CAPITULO I.

I.1 EL PROBLEMA

I.1.1 Planteamiento del problema

Los pellets son aquellos productos formados por partículas de diferentes dimensiones, totalmente naturales, en algunos casos con la aplicación de aditivos.

En ese mismo sentido el pellet de cerdo es el cuero comprimido y deshidratado listo para ser freído y obtener chicharrón (Huemex y Alfino, 2009), la piel es cortada en dimensiones de 3cm por 4cm en casos específicos, sin embargo las dimensiones pueden variar según su fabricante, este es sometido a una serie de procesos en los cuales es de esencial importancia el control de diferentes variables para su obtención final.

Por otra parte la tecnología abarca al conjunto de nociones, conocimientos y técnicas para posibilitar la elaboración de diversas herramientas, utensilios, artefactos, dispositivos y objetos, en nuestro caso sería para la obtención de los pellets, Dicha tecnología avanzada se manifiesta en algunos países y en otros no, por tal motivo existe la exportación de productos de diferentes nacionalidades.

En este propósito ante la actual situación económica, política y social que atraviesa Venezuela, obliga a muchos comerciantes u/o empresarios a dejar de lado la importación de productos por las restricciones severas en el otorgamiento de divisas para la importación y repatriación de capitales y ganancias.

De acuerdo a lo anterior expuesto comerciantes u/o empresarios se han visto en la necesidad de obtener conocimientos de investigación de otros países para la fabricación de productos innovadores en Venezuela.

Ante la situación planteada, se pretendió elaborar un producto con la piel de cerdo tipo pellet , acoplando información del mismo proveniente de Brasil y con la

tecnología que se cuenta en el país tomando como referencia que producto es procesado en un digestor que retira la suficiente humedad para obtener un pellet deshidratado.

I.1.2 Formulación de los Objetivos

I.1.2.1 Objetivo general.

- ◁ Evaluar un producto tipo pellet para su producción industrial a partir de piel de cerdo para la obtención y comercialización en empresas PEPSICO, ALIMENTOS S.A

I.1.2.2 Objetivos específicos.

- ◁ Caracterizar física, química y microbiológicamente la piel de cerdo a emplear en la investigación.
- ◁ Diseñar un arreglo de tratamientos óptimal para el proceso de producción industrial de un producto tipo pellet, a partir de piel de cerdo.
- ◁ Ajustar modelos matemáticos robustos que simulen el proceso de producción industrial de un producto tipo pellet, a partir de piel de cerdo.
- ◁ Explorar vía simulación, condiciones operativas del proceso de producción industrial de un producto tipo pellet, a partir de piel de cerdo.
- ◁ Caracterizar física, química y microbiológicamente el pellet
- ◁ Analizar sensorialmente el pellet elaborado a partir de piel de cerdo.

I.1.3 Evaluación del Problema

I.1.3.1 Justificación

Este proyecto de investigación se encuentra enmarcado en las líneas de investigación del Programa Ciencias del Agro y el Mar de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, en el plan general de investigación de la UNELLEZ 2008-2012 dentro del área seguridad alimentaria y redes productivas, esta área comprende las investigaciones referidas al estudio de los sistemas de producción agrícola y sus vinculaciones con los componentes socioeconómicos. Del mismo modo, incluye estudios para la gestión ambiental (caracterización, evaluación cualitativa y cuantitativa de los recursos naturales), educación ambiental, fundamentación legal y otros estudios, a los fines del aprovechamiento y manejo sostenido de los recursos naturales.

Con referencia a lo anterior sobre la seguridad alimentaria y redes de producción podemos constatar que los pellet deshidratados de piel de cerdo, son comestibles y llamados artesanalmente chicharrón, alimentos naturales, con gran credibilidad y aceptación entre los consumidores por su buen sabor, sin embargo la calidad total del producto no es garantizada, debido a las condiciones en que este es elaborado ya que no son las óptimas para obtener un producto final de alto índole.

En los marcos de las observaciones anteriores la necesidad de industrializar este producto surge en primer lugar debido a que artesanalmente posee una alta demanda comercial y a su gran valor nutritivo que viene a satisfacer las necesidades de los consumidores, sin olvidar que su consumo en exceso es nocivo para la salud.

En ese mismo sentido, para ser presentado al mercado esta materia prima debe ser sometida a una serie de procesos agregando aditivos los cuales contribuirán con el sabor, color y el tamaño del pellets, debidamente controlando las variables,

temperatura, tiempo, pH y humedad, lo que garantizará una estabilidad del producto que se reflejará en sus características organolépticas.

Es de gran relevancia resaltar que los pellets de cerdo para su industrialización por PEPSICO, ALIMENTOS S.A contendrán especies naturales y aditivos para mantener su conservación, aumentar su expansión y un sabor agradable al gusto del paladar con la finalidad de satisfacer las necesidades de cada consumidor que está en busca siempre de un alimento saludable y delicioso.

I.1.4. Alcances y Limitaciones

I.1.4.1. Alcances

La investigación está destinada a satisfacer las necesidades de la empresa PEPSICO, ALIMENTOS S.A, por lo que la misma está aportando el financiamiento para las pruebas pilotos. Así se obtendrá un producto comercial tipo pellets a partir de la piel de cerdo que retribuyan las necesidades calóricas del consumidor, además, permitirá obtener información que servirá de aporte al conocimiento en las áreas que se trabajó y futuras investigaciones.

I.1.4.2 Limitaciones

El periodo de tiempo solicitado por la empresa financiera para la recolección de datos es de 3 meses, por lo cual es poco tiempo para la realización de dicha investigación con exactitud.

I.5. Ubicación geográfica.

Esta investigación se ejecutó en la UNELLEZ San Carlos estado Cojedes en el laboratorio de ingeniería y tecnología de alimento, de Vicerrectorado de

Infraestructura y procesos Industriales, (LITA-VIPI) San Carlos, estado Cojedes
Venezuela.

I.1.6. Institución, Investigador, Asesor, Metodológico Tutor Académico.

I.1.6.1 Institución:

UNELLEZ-VIPI- san Carlos-estado Cojedes

I.1.6.2 Investigador responsable:

Br. Karla Y. Leon L. CI: 24.245.163. Br Jhoselis del C. Carrizales M. CI;
24.013.718 **Tutor académico:** Ing. Gabriel Cravo.

CAPITULO II.

II.1 Marco Teórico

II.1.1 Antecedentes de la investigación

Algunos trabajos recientes a la investigación relacionados con el tema de estudio se citan a continuación:

P c p e { " G " * 4 2 3 2 + 0 " ÷ G u v c d n g e k o k g p v q " f g " n c u
de piel de e g t f q " f g u v k p c f q " r c t c " u p c m ö 0 " G n " v t c d c l o
que se determina las condiciones de elaboración de pellet de piel de cerdo para snaks,
esta investigación busca establecer una tecnología no implantada en nuestro país.
Para iniciar el proyecto se seleccionó un proveedor de materias primas acorde con las
características más óptimas, luego se realizó una característica física y química de la
piel de cerdo.

Posteriormente se realizó el proceso de elaboración de pellet, estableciendo las variables. Se evaluaron 18 tratamientos en los que se variaron el tiempo de cocción entre 30 y 40 min, la temperatura de deshidratado entre 60, 80 y 100 °C, y el tiempo de deshidratado entre 6, 8 y 10 h. cada uno de los productos obtenidos de los 18 tratamientos se introdujo en el microondas para su reventado, posteriormente se calificó comparando con una tabla de reventado con escala de 1 a 10.

Los resultados de las pruebas demostraron que el rendimiento de conversión fue de un 54% de la materia prima inicial, la humedad del pellet varia del orden del 5 al 7% y el contenido de proteína alcanza un 69%.

Se tomó como apoyo este estudio, dado que el mismo brinda conocimiento y metodología con respecto a la elaboración de pellets a partir de la piel de cerdo, donde se evalúan las variables en la línea de producción, con la finalidad de llegar a un producto óptimo.

G f i c t " I " * 4 2 3 8 + 0 " ò G h g e v q u " f g " n c " r t q v g ¶ p c
u c n e j k e j c u ö 0 " N c " h w p e k q p c n k las características de
calidad de los productos cárnicos y una de las propiedades más importantes es la
capacidad de la emulsión, la gelificación y de ellas depende la estabilidad de la
textura. Es por ello que el objetivo de este trabajo determina el efecto de las proteínas
extraídas de la piel de cerdo. Se obtuvo colágeno de la piel de cerdo y se utilizó una
temperatura de 80°C por un tiempo de 4 h a diferentes ph y molaridades. Se
determinó proteína soluble y colágeno.

Esta investigación es tomada en consideración en el presente estudio, por
cuanto señalan la importancia de tener conocimiento acerca de las proteínas que
contiene la piel de cerdo, para así comprender la reacción de esta mediante la
elaboración de los pellets.

J c u u c p " { " O q t andurización del proceso de producción de piel
f g u j k f t c v c f c " f g " e g t f q " * r g n n g v + " g p " n c " g o r t
de las nuevas tecnologías corte, cuarto de secado, marmitas de cocción, selladora,
ayudaron a acelerar el proceso productivo de la piel de cerdo deshidratada (pellet),
disminuyendo demoras de tiempos, y ampliando la capacidad de producción. Se
propusieron características fisicoquímicas de acidez, anhídrido sulfuroso, amoníaco y
proteína, para la verificación del grado de frescura de la piel de cerdo, ejerciendo un
mayor control en la recepción y procesarla posteriormente. Se obtuvo un rendimiento
del 70% en peso de la materia prima esta operación se realiza con el fin de aumentar
la composición porcentual de estos nutrientes como la proteína, al deshidratarse el
producto alarga la vida útil a 6 meses y mejora las condiciones de calidad del
producto.

Este estudio se relaciona con la investigación propuesta ya que este trabajo
realizado se basó en la producción de pellet a partir de la piel de cerdo, dando énfasis
a los tratamientos para obtener un producto de larga vida útil.

II.1.2 Bases Teóricas

II.1.2.1 Cerdo

El cerdo es un animal omnívoro, fácil de criar, precoz, prolífico, de corto ciclo reproductivo, requiere poco espacio, se adapta fácilmente a diferentes climas y ambientes, posee una gran capacidad de transformación para producir carne de alta calidad nutritiva, con una buena conversión alimenticia. Es uno de los animales que más rendimiento produce, pues todo cuanto compone su cuerpo se paga a buen precio y se aprovecha: carne, tocino, grasa, huesos, piel, intestinos, sangre, pelo, etc.

El cerdo doméstico adulto tiene un cuerpo pesado y redondeado, hocico comparativamente largo y flexible, patas cortas con pezuñas (cuatro dedos) y una cola corta. La piel gruesa pero sensible, está cubierta en parte de ásperas cerdas y exhibe una amplia variedad de colores y dibujos.

Magníficamente adaptados para la producción de carne, dado que crecen y maduran con rapidez, tienen un periodo de gestación corto, de unos 114 días, y pueden tener camadas muy numerosas. Son omnívoros y alimentos, tal vez una de las razones que condujeron a su domesticación. Como fuente de alimento, convierten los cereales, como el maíz, y las leguminosas, como la soja (soya), en carne. Además de la carne, del cerdo también se aprovechan el cuero (piel de cerdo) para hacer maletas, calzado y guantes, y las cerdas para confeccionar cepillos. Son también fuente primaria de grasa comestible, aunque, en la actualidad, se prefieren las razas que producen carne magra. (Hassan y Moreno, 2007)

Los porcinos tienen la siguiente clasificación taxonómica:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cerdo

| Reino | Animal |
|--------------|--|
| Tipo | Cordados |
| Subtipo | Vertebrados |
| Clase | Mamíferos |
| Orden | Ungulados (con pezuñas) |
| Suborden | Artiodáctilos (dedos número de par) |
| Familia | Suidos |
| Subfamilia | Suinos |
| Genero | Sus |
| Especie | Sus vitatus; S, scrofa; S. mediterraneus |

Fuente: manual agropecuario. Hassan y Moreno (2007)

II.1.2.2 Desarrollo de la industria porcina

Los cerdos se originan del cruce del cerdo de Europa y del cerdo del sureste de Asia. El primero era un animal rustico que crecía lentamente y maduraba tarde. El otro fue un animal pequeño con patas cortas, que crecía rápidamente y maduraba temprano. Estos animales fueron domesticados hace unos 6000 años. Los primeros cerdos que llegaron a América fueron traídos por los conquistadores.

Estos animales se multiplicaron principalmente en México y Brasil. En el resto de Latinoamérica no son muy numerosos. Los factores que han determinado la escasa población de cerdos en Latinoamérica son la competencia del cerdo con el hombre por los granos, la existencia de extensos pastizales naturales adecuados para

la explotación de reses, y la dificultad para conservar la carne de cerdo. Sin embargo es importante hacer notar que un cerdo rinde hasta el 75% de carne en canal y que este rendimiento es mayor que en los bovinos. Los cerdos mejorados y alimentados con raciones balanceadas, producen una canal magra con mucha carne. Además, cuando el manejo de los cerdos es adecuado, la incidencia de enfermedades y parásitos es relativamente baja. Los cerdos pueden proveer proteínas en forma tan eficiente como otros animales. Un solo porcicultor puede criar cerdos desde que nacen hasta su sacrificio cuando alcanzan los 100 Kg de peso vivo, dado que no requieren más de 6 o 7 meses para determinar su ciclo de producción. Con una conversión alimenticia de 3.5 Kg de alimento por Kg de crecimiento, se requiere solo 350 Kg de alimento por animal para obtener un buen rendimiento económico.

II.1.2.3 Razas de cerdo más explotadas en Venezuela

En Venezuela son diversas, a estas se le saca mayor provecho ya que muy pocas pérdidas se obtienen de estos, a continuación las mas explotadas en nuestro país.

II.1.2.4 Duroc Jersey (Suino)

Raza porcina de origen americano, raza rústica y adaptable, originaria de EEUU. Son de color rojo variando del rojo amarillento al rojo oscuro. Sus orejas son de tamaño mediano levemente erectas en su base con una inclinación adelante.

Las hembras son muy buenas madres con una producción de 8 por camada aproximadamente que se ha hecho un hueco debido a sus buenas cualidades tanto de crecimiento como de calidad de la carne, ya que es muy magra. En los parámetros reproductivos se puede equiparar a la Yorkshire y Landrace.

Aunque es un poco inferior se emplea habitualmente como línea paterna, tanto en cruzamientos a dos como a tres vías.

Es bastante menos utilizado como línea materna, ya que aunque se le atribuye una mayor "resistencia" no supe con ello las menores características maternas en comparación con Yorkshire o Landrace. (FAO 2000)

Tabla 2. Características de la carne

| | |
|--|-------------|
| Rendimiento de la canal a los 90 Kg. sin cabeza | 74% |
| Longitud de la canal (cm.) | 93.5 |
| % piezas nobles | 61 |
| % estimado de magro en la canal | 52 |

Fuente: FAO 2000. Producción Sanidad Animal

II.1.2.5 Hampshire (Suino)

Raza porcina de aptitud cárnica, como la Landrace o la Pietrain, pero sin apenas casos de PSE, ya que es una raza de procedencia americana. Son de color negro con una franja blanca que rodea el cuerpo y abarcando miembros anteriores, presenta orejas del tipo asiático, son animales rústicos pero menos resistentes al calor, muy prolíferos, tienen excelente aptitud lechera y materna.

Posee relativas aptitudes productivas y buenos parámetros de calidad. Se utiliza generalmente como machos finalizadores de carne en cruzamientos, ya sean simples o a tres vías.

Es esta raza la que normalmente se introduce en los cruzamientos para mejorar la calidad de la canal. (FAO 2000)

Tabla 3. Características de la carne

| | |
|--|------------|
| Rendimiento de la canal a los 90 Kg. sin cabeza | 75% |
| Longitud de la canal (cm.) | 96 |
| % piezas nobles | 65 |
| % estimado de magro en la canal | 55 |

Fuente: FAO 2000. Producción Sanidad Animal

II.1.2.6 Landrace (Suino)

Raza porcina muy versátil, ya que se utiliza como línea pura, materna o paterna. Sus índices productivos son muy parecidos a la Yorkshire, aunque tiene un mayor rendimiento de la canal y también una mayor longitud de la misma.

Esta raza es de origen europeo. Presenta una coloración blanca con orejas del mismo color, dirigidas en su totalidad hacia delante. Son los más largos de todas las razas. Muy prolíferos, con un promedio de 12 lechones con muy buen peso al nacer. Su forma de cría más adecuada es la intensiva

Presenta unos valores algo inferiores en los parámetros reproductivos, y una mayor tendencia a presentar PSE. Esta raza está reconocida como de tipo magro, ya que presenta unos bajos valores de engrosamiento. Es probablemente junto con la Yorkshire la raza más utilizada. (FAO 2000)

Tabla 4. Características de la carne

| | |
|---|----------------|
| Espesor tocino dorsal a los 90 Kg. (m.m) | 13-16.5 |
| Rendimiento de la canal a los 90 Kg. sin cabeza. | 74.5% |
| Longitud de la canal (cm.) | 101 |
| % piezas nobles | 62 |

II.1.2.7 Yorkshire (suino)

Raza porcina originaria de Inglaterra. Su cuerpo es largo, ancho y profundo con apariencia maciza. Son totalmente blancos, sin manchas con orejas erectas. Tiene buena rusticidad, su carácter es prolífero y buena aptitud lechera y materna, muy valorada por sus características maternas, esta raza porcina se utiliza habitualmente en cruces como línea materna. Es además, la mejor considerada, entre las razas mejoradas, en cuanto a resistencia. La Yorkshire es con frecuencia la mejor raza en cuanto a valores de prolificidad, cualidades maternas como capacidad lechera y productividad.

Aunque parece ser que da una edad de pubertad de su descendencia más tardía. También se encuentra, junto con la Duroc, entre las que presentan una mayor velocidad de crecimiento e índice de conversión. Pero las cosas cambian cuando nos ponemos a hablar de parámetros de calidad, solo la raza Duroc está menos valorada en cuanto a calidad de la canal, por sus proporciones en partes nobles y por la calidad de la carne. Para la calidad de la carne se toma en cuenta sobre todo la cantidad de grasa infiltrada en el músculo. Sin embargo, esta raza presenta rara vez, músculo pálido blanco exudativo (PSE). (FAO 2000)

Tabla 5. Características de la carne

| | |
|---|------------------|
| Espesor tocino dorsal a los 90kg. (mm) | 13,5-17,5 |
| Rendimiento de la canal a los 90kg. sin cabeza | 75% |
| Longitud de la canal (cm.) | 99 |
| % Piezas nobles | 62 |

| | |
|--|-------------|
| % Estimado de magro en la canal | 52,5 |
|--|-------------|

Fuente: FAO 2000. Producción Sanidad Animal

II.1.2.8 Pietrain (suino)

Raza porcina seleccionada, sobre todo por la calidad de su canal, junto con Hampshire y Landrace. Es overo-negra de origen belga, con orejas de tipo asiática. Por su abundante musculatura y poca grasa es una de las razas empleadas para producir líneas de madres destinadas a elaboración de cerdos híbridos.

Se utiliza para mejorar la calidad de la carne en cruces simples o a tres vías. Y, casi siempre, como es lógico, se utilizan los machos, y rara vez las hembras.

Presenta una velocidad de crecimiento, índices de conversión y reproducción bajos, sin embargo brinda el mayor porcentaje de piezas nobles, aunque posee mucha grasa intramuscular lo que con frecuencia está mal valorado. (FAO 200)

Tabla 6. Características de la carne

| | |
|---|-----------|
| Espesor tocino dorsal a los 90kg. (mm) | 9 |
| Rendimiento de la canal a los 90kg. sin cabeza | 77 |
| Longitud de la canal (cm.) | 92 |
| % Piezas nobles | 68 |
| % Estimado de magro en la canal | 60 |

Fuente: FAO 2000. Producción Sanidad Animal

II.1.2.9 Obtención de la piel de cerdo

Por lo regular los cerdos se escaldan, es decir se someten a un calentamiento húmedo (60 a 65 °C), con lo cual se afloja la capa externa de la piel (epidermis) y los

pelos. Acto seguido se elimina con una maquina la epidermis y pelo aunque la operación también puede realizarse con cuchillos o utensilios de raspado. La parte de la piel que persiste en la canal es la llamada corteza, integrada por la capa más profunda de la dermis (Pramdl, 1994).

II.1.2.10 Estructura de la piel de cerdo

II.1.2.11 Piel

La piel común actúa como una envoltura protectora del cuerpo y se continúa en los orificios naturales con la mucosa digestiva y respiratoria. Con su recubrimiento de pelo, interviene en los mecanismos de regulación de la temperatura y debido a que contiene los terminales de los nervios sensoriales, protege el organismo frente a heridas, comportándose como un importante agente sensorial. El cuero de los animales recién sacrificados contiene aproximadamente un 65% de agua. Las canales de cerdo raramente se desuellan, excepto cuando es necesario eliminar afecciones cutáneas localizadas. (Ockerman y Hansen, 1994)

II.1.2.12 Estructura

El espesor de la piel varía con la especie, edad, sexo y región del cuerpo (es más gruesa en la espalda y en las partes exteriores de los miembros, más delgada en la región ventral y en las superficies de flexión). La piel se compone de tres capas principales: la epidermis superficial pigmentada, el tejido conectivo subyacente, denominado corion, y la capa profunda o dermis. La epidermis es delgada y cubre la superficie, extendiéndose hacia abajo en forma de invaginaciones tubulares, formando la superficie de los folículos pilosos. El corion está asociado a los folículos pilosos, en su parte superior contiene glándulas sebáceas, los músculos lisos eréctiles de los folículos y fibras de colágeno, elastina y reticulita. (Ockerman y Hansen, 1994)

La composición química de la piel varía con la edad del animal, su sexo, nivel de engrosamiento y tratamiento que la piel haya recibido una vez separada de la canal. En general, las pieles poseen poca grasas y minerales y son muy ricas en proteína (colágeno). El contenido en proteínas aumenta considerablemente y llega a constituir el principal componente cuando la piel se convierte en cuero. El pelo se compone casi completamente de una proteína denominada queratina, que normalmente llega a constituir el 6-10% de la proteína total de la piel. (Ockerman y Hansen, 1994)

II.1.2.13 Colágeno

El colágeno es una proteína que contiene aminoácidos de tipo ácidos, básicos y neutros (prolina e hidroxiprolina). En consecuencia, por el contenido de aminoácidos el colágeno tiene una reactividad química intermedio entre la elastina y las proteínas globulares. En soluciones neutras el colágeno es insoluble y no se descompone en una solución acuosa, mientras que en presencia de un ácido o de un álcali fuerte puede disolverse, es decir que en este aspecto es menos inerte que la elastina. La cantidad de aminoácidos que componen cada proteína influyen en la naturaleza de las mismas y en consecuencia en sus pesos moleculares. (Frankel, 1991)

El colágeno es la proteína más abundante en el cuerpo de los mamíferos, constituye el 25% del total en la proteína del cuerpo y el 95% de los elementos fibrosos del tejido conectivo, aunque una gran cantidad está asociada con el esqueleto (Person y Young, 1989). El colágeno es el componente principal de todos los tejidos conectivos de modo que la mayor parte de esta proteína está localizada en estrecha asociación con el músculo, así como en los tendones, huesos, cartílagos, piel, tejido vascular y bases de las membranas musculares, tales como el epimisio, perimisio y endomisio. El colágeno ha sido clasificado bioquímicamente de acuerdo a su estructura y a una composición de forma que se ha encontrado que cada clase de tejido contiene una composición característica del colágeno (Bandman, 1987).

II.1.2.14 Cortes de la piel del cerdo

Las cortezas de cerdo son trozos de piel que se emplean para productos gelificados, para la obtención de gelatina, fritas para aperitivo o como pre-emulsiones para embutidos. Las cortezas hinchadas son aperitivos a base de piel de cerdo que se han procesado de forma que se expandan a un volumen mucho mayor que el original. El sabor de estos productos, con un elevado contenido en proteína del colágeno, es muy suave (puede modificarse con la adición de aromatizantes o especias), la textura es crujiente y el producto es menos higroscópico que otros aperitivos hinchados similares. La materia prima para elaborar estos aperitivos son los recortes de piel de descortezar las papadas, las pancetas y los jamones, lo que hace con una máquina dotada de una cuchilla estática colocada debajo de un cilindro móvil que fuerza el tocino a pasar. De esta manera se consiguen cortezas con muy escasa cantidad de grasa adherida (menos de 6 mm), dependiendo de la cantidad de grasa que se deja del valor real de las cortezas y de la grasa. (Samia H, Adriana M 2007)

II.1.2.15 Proceso para cortes de piel de cerdo

Algunos elaboradores (Matz, 1976) sumergen las cortezas en una salmuera caliente a 100 °C, conteniendo 5.9 Kg de glucosa, 5.7 Kg de sacarosa y 34 Kg de sal por cada 378 lt de agua. Después las cortezas se escurren, se enfrían y se cortan al tamaño apropiado para su comercialización (alrededor de 1.3-2.5cm.). El paso siguiente es la fusión, en las que las cortezas se calientan a 110-116°C durante 4 horas en un baño de manteca calentada al vapor con violenta agitación. Después de la fusión las cortezas se dejan enfriar y escurrir se envasan en recipientes idóneos. De esta manera se pueden dejar conservar hasta 6 meses sin necesidad de refrigeración. Los distribuidores minoristas pueden sumergir las cortezas durante 15 segundos en una solución en ácido acético o vinagre para aumentar el hinchado (Anderson y

Smith, 1958), pero lo más usual es simplemente echen las cortezas directamente en aceite a 204- 218 °C para que se hinchen y posteriormente le añadan sal y sustancias aromatizantes. Estas cortezas ya hinchadas pueden conservarse bien durante 3-8 semanas sin necesidad de refrigeración. Un análisis típico (Matz 1976) indica que tiene un 99% de sólidos, de los cuales el 57% son proteicas, el 34% grasa, el 5% carbohidratos y el 4% cenizas. Las cortezas de cerdo se pueden emplear en embutidos tipo emulsión, de tres formas distintas (Wilson *et al*, 1981). La piel se extrae de la canal con el mínimo de grasa posible, se cocinan en agua caliente durante 1.5 horas o más comúnmente en una caldera a presión, se enfrían y se trituran (este producto tiene un 20.7% de proteína y el 28.9% de grasa). Las cortezas ya cocidas también se pueden incorporar en una pre-emulsión, con grasa de cerdo (50% de cortezas y grasa), agua (44%) y un agente emulsificante o estabilizante (6%) que puede ser proteína aislada de soya o caseinato sódico. Este producto es más estable que las cortezas simplemente cocidas y la pre-emulsión puede utilizarse en caliente, recién preparada o puede enfriarse para uso posterior.

Cualquiera de estos productos se incluye en las formulaciones de salchichas, en las etapas de mezcla o emulsificación y ambos tienen ciertos efectos negativos sobre la textura. Dado que estas dos formas de preparados son poco estables y de difícil manejo, se ha desarrollado un mercado para este tipo de productos en forma de gránulos desecados (5% humedad, 10-15% de grasa).

Esta forma de presentación se almacena bien y se rehidrata fácilmente.

La fabricación del pellet es un proceso mediante el cual la piel del cerdo se corta y pasa por un proceso de cocimiento para convertirse en piel de cerdo deshidratada, En su forma de pellet se vende a los clientes y posteriormente ellos, fríen el pellet en aceite caliente, se esponja y da resultado el tradicional chicharrón de cerdo.(Samia H, Adriana M 2007)

II.1.2.16 Caracterización organoléptica de la piel de cerdo

Las características sensoriales de un producto pueden dar indicios de la frescura y la calidad de la materia prima.

- ◁ **Color:** Debe presentar un color claro, asimilándose a un color rosa pálido, y la parte de la epidermis donde se encuentra la grasa debe ser completamente blanca, un color amarillento indica descomposición de la grasa (ranciamiento).
- ◁ **Olor:** Debe ser un aroma similar a la carne de cerdo, la presencia de olor extraño, tipo amoniacal, ácido, pútrido a rancidez, presenta descomposición parcial.
- ◁ **Consistencia:** La piel de cerdo fresca debe presentar firmeza, y no debe presentar babosidad en la parte externa de la piel, es importante tener en cuenta que tenga la mínima cantidad de pelo del animal, el grosor de la grasa adherida debe ser de 1 a 2 cm, para que el despojo de esta tenga mayor facilidad.

II.1.2.17 Humedad

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización a que hayan sido sometidos, contienen agua en mayor o menor proporción. En los tejidos con gran facilidad. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales. (Hart, 1991).

II.1.2.18 Método por secado de estufa

La determinación de secado para obtener el % de humedad en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles. El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra. (Nollet, 1996)

Determinaciones de humedad en estufa:

- ◁ Los productos con un elevado contenido en azúcares y las carnes con un contenido alto de grasa deben deshidratarse en estufa de vacío a temperaturas que no excedan de 70°C.
- ◁ Los métodos de deshidratación en estufa son inadecuados para productos, como las especias, ricas en sustancias volátiles distintas del agua.
- ◁ La eliminación del agua de una muestra requiere que la presión parcial de agua en la fase de vapor sea inferior a la que alcanza en la muestra; de ahí que sea necesario cierto movimiento del aire; en una estufa de aire se logra abriendo parcialmente la ventilación y en las estufas de vacío dando entrada a una lenta corriente de aire seco.
- ◁ La temperatura no es igual en los distintos puntos de la estufa, de ahí la conveniencia de colocar el bulbo del termómetro en las proximidades de la muestra. Las variaciones pueden alcanzar hasta más de tres grados en los tipos antiguos, en los que el aire se mueve por convección. Las estufas más modernas de este tipo están

equipadas con eficaces sistemas, que la temperatura no varía un grado en las distintas zonas.

- ◁ Muchos productos son, tras su deshidratación, bastante higroscópicos; es preciso por ello colocar la tapa de manera que ajuste tanto como sea posible inmediatamente después de abrir la estufa y es necesario también pesar la cápsula tan pronto como alcance la temperatura ambiente; para esto puede precisarse hasta una hora si se utiliza un desecador de vidrio.
- ◁ La reacción de pardeamiento que se produce por interacción entre los aminoácidos y los azúcares reductores libera agua durante la deshidratación y se acelera a temperaturas elevadas. Los alimentos ricos en proteínas y azúcares reductores deben, por ello, desecarse con precaución, de preferencia en una estufa de vacío a 60°C. (Hart, 1991)

II.1.2.19 pH

El pH es una medida de la concentración de protones o iones hidrógeno, es decir, de la acidez del medio. En numerosos alimentos el pH constituye un factor importante para su estabilidad ya que determina el crecimiento de grupos de microorganismos específicos. En el caso de la carne, el pH del músculo vivo está próximo a la neutralidad; cuando se produce la muerte del animal, el aporte de oxígeno a los tejidos cesa, y predominan los procesos anaeróbicos (glucólisis anaeróbica) que generan la formación de ácido láctico a partir de glucógeno muscular. La formación de ácido láctico provoca el descenso del pH en el músculo de modo que dicho valor es índice del desarrollo de las modificaciones bioquímicas post-mortem. Cuando se ha completado el proceso de maduración de la carne la misma debe tener un pH comprendido entre 5.4 y 5.6 como pH idóneo de la carne, que permite una buena vida comercial, al inhibir el crecimiento de microorganismos, y le proporciona las características físico-química adecuadas.

II.1.2.20 Expansión

Los atributos de calidad de los productos alimentarios en este caso los pellet deshidratados a partir de la piel de cerdo se refieren principalmente a su textura y naturaleza crujiente que a su vez se relaciona con su volumen expandido y su densidad volúmica aparente.

Tabla 7. Composición química de las pieles de cerdo

| Tipo de piel | Humedad (%) | Proteínas (%) Colágeno, Queratina, Elastina, Reticulina | Grasa (%) | Cenizas (%) Fosfato, Potasio, Sodio, Arsénico, Calcio, Magnesio |
|------------------------------|--------------------|--|------------------|--|
| Vacuno promedio | 62-70 | | | 1.0 |
| Vacuno adulto, piel sin pelo | 60 | 30 | | |
| Animal muy graso | | | 10-12 | |
| Vacuno en fresco | 83 | 15.7 | 0.2 | 0.1 |
| Vacuno, seca al aire | 9.1 | 89.9 | 0.2 | 0.8 |

| | | | | |
|--------------------|-------|------|-------|---------------------------------|
| Ternera de 3 meses | 66.0 | 31.0 | 1.6 | 1.4 |
| Novillo de 2 años | 61,2 | 35.0 | 3.2 | 1.1 |
| Novillo de 4 años | 55.6 | 38.2 | 6.0 | 1.1 |
| Cordero | | | 30.50 | |
| Cerdo | 37.0 | 14.0 | 30-50 | |
| Vacuno curado | 44-48 | 41.0 | | 14-16 (incluye sales de curado) |

Fuente: Industrialización de subproductos de origen animal. Hassan y Moreno (2007)

II.1.2.29 Pellet

El pellet es el cuero de cerdo comprimido y deshidratado listo para el consumidor para obtener el chicharrón. (Huemex, 2009) y (Alfino, 2009)

El pellet de cuero de cerdo es la materia prima base utilizada para la elaboración del chicharrón de cerdo (regular y tipo crackling). Para la fabricación de pellet regular se utilizan pieles de lomo y/o de tocino y para el tipo crackling se utilizan pieles de pierna o de papada, con lonja o grasa adherida.

III. 1.2.30 Chicharrón

El chicharrón, corteza de cerdo, cueritos, scratching, etc. Es la piel de cerdo cocinada, deshidratada y frita para obtener un alimento de bocado o snack, también puede ser deshidratada solo por frituras a temperaturas de 120°C y luego reventado en grasa a 200°C. Los chicharrones presentan formas con enrollamientos singulares a menudo son sazonados con pimienta, chile o barbacoa, las cortezas fritas son de textura quebradiza y mullida. (Worldlingo, 2007)

Aunque los chicharrones están considerados alimento chatarra hay un cierto interés en cortezas del cerdo como snack, puesto que las cortezas del cerdo no contienen carbohidratos (a menos que este condimentado). Sin embargo, contiene alta concentración de grasa y sodio. La proporción de grasas de las cortezas del cerdo es similar a la de los chips de papas, solo que la cantidad de sodio en una porción de las cortezas del cerdo es casi cinco veces de una porción de papas. (Stoffel, 1989; Openshaw 2009).

II.1.2.31 Evaporado de vacío

Se utiliza el término evaporación en vacío para referirse a dos tipos distintos de procesos. Uno de ellos es un proceso utilizado para reducir el contenido de agua o algún otro solvente de una solución, deshidratándola. Este proceso es muy utilizado en la industria alimenticia, especialmente para obtener productos que puedan ser almacenados por períodos prolongados.

La evaporación en vacío, en la industria de alimentos es un proceso en el que la presión a la que se encuentra un recipiente conteniendo un líquido es reducida a un valor inferior al valor de la presión de vapor del líquido de forma tal que el líquido se evapora a una temperatura que es inferior a la temperatura de ebullición normal (una atmosfera o presión a nivel el mar). Aunque el proceso puede utilizarse con todo tipo de líquido a cualquier presión de vapor, por lo general es utilizado para referirse a la ebullición de agua al reducir la presión dentro del recipiente por debajo de la presión atmosférica con lo cual el agua ebulle a temperatura ambiente.

Si el proceso se utiliza con alimentos y se evapora y extrae el agua, los alimentos pueden ser almacenados durante períodos prolongados sin sufrir procesos de descomposición.

II.1.2.32 Ventajas de la evaporación al vacío

La más destacable es, sin duda, que el agua evaporada en un altísimo porcentaje de los casos se puede reutilizar en diferentes usos como industrial (inicio de proceso), sanitario, riego, lavado de suelos, en sustitución de agua desmineralizada o osmotizada, etc. Todo ello gracias a la gran calidad de agua que obtendremos de la evaporación, que suele rondar una conductividad inferior a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, una DQO inferior a 1000 ppm (en ausencia de volátiles), un pH entre 6-9, y ausencia total de sólidos en suspensión, metales pesados, dureza y turbidez. En el caso de que el usuario decida reciclar el agua no sólo obtiene un ahorro económico proporcional a la productividad de la máquina sino que mejora la sostenibilidad de la empresa y erradica la generación de vertido industrial y todo lo que ello comporta.

Otras ventajas que nos ofrece esta tecnología son: β Total automatización y mantenimiento mínimo β Ausencia de reactivos (a excepción del antiespumante en algunos casos), β Compacidad, robustez y tamaño reducido, β Muy práctico para tratar bajas cantidades de agua residual (hasta 100 l/día) β Representa un ahorro energético muy importante con respecto a la evaporación atmosférica.

II.1.2.33 Secado

El secado se describe como un proceso de eliminación de sustancias volátiles (humedad) para producir un producto sólido y seco. La humedad se representa como una solución líquida dentro del sólido, es decir, en la microestructura del mismo. Cuando un sólido húmedo es sometido a secado térmico, dos procesos ocurrirán simultáneamente.

- ◁ Habrá transferencia de energía (comúnmente como calor) de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie.
- ◁ Habrá transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido

La velocidad a la cual el secado es realizado está determinada por la velocidad dependiendo del proceso que se lleve a cabo. La transferencia de energía, en forma de calor, de los alrededores hacia el sólido húmedo puede ocurrir como

resultado de convección, conducción y/o radiación y en algunos casos se puede presentar una combinación de estos efectos.

La reducción del contenido de humedad de los alimentos, es una forma eficaz de evitar el desarrollo de microorganismos y así aumentar la vida y disponibilidad de los alimentos para el consumo. Este método se utilizaba ya en la prehistoria para conservar alimentos como higos u otras frutas. Otra gran ventaja del proceso de secado en la industria alimentaria, es la reducción de peso que se consigue al deshidratar los alimentos y con ello la reducción de costes asociados al transporte.

Capítulo III.

III.1 MARCO METODOLOGICO

III.1.1 Modalidad de la investigación

El presente proyecto de investigación es de carácter experimental que se presenta mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular. Tamayo y Tamayo (2003).

Se trata también de una investigación de campo, por cuanto tiene como propósito indaga t " ò N q u " h g p » o g p q u " u q e k c n g u " e q p " g n " q d a descubrir relaciones desconocidas entre los hechos examinados (Asti 1992), citado por el manual de trabajo de grado y tesis doctoral URBE (1999). En ella el investigador recauda los datos en forma directa a la realidad.

En este sentido, en estudio se recolectara información de fuentes primarias a través de entrevistas y cuestionarios que permitirán describir la evolución de lo conllevado en la investigación, dicho experimento fue ejecutado en el laboratorio bajo condiciones controladas implementadas como un experimento de desarrollo de un producto tipo Pellet a partir de la piel de cerdo, obtenidos en el mes de Noviembre del 2016.

III.1.2 Población y muestra

III.1.2.1 Población

Es el conjunto total finito o infinito de elementos o unidades de observación que se consideran en un estudio, o sea para el universo de la investigación sobre el e w c n " u g " r t g v g p f g " i g p g t c n k | c t " n q u " t g u w n v c f c

Dicha población la constituye los seres con características comunes sobre quien estarán referidas las conclusiones.

Un conjunto de elementos seres o eventos, concordantes entre si en cuanto a una serie de características, de los cuales se desea obtener alguna información.

Quiere decir, que una población no necesariamente es representativa del universo, simplemente es un sub conjunto de el, delimitado por criterios específicos. En tal sentido, algunos autores suelen clasificar las poblaciones en dos categorías: finitas e infinita (Martinex, 1984; Ramirez 1995).

Es infinita cuando no es posible especificar o registrar cuantos y quienes la conforman; mientras se define como finita, la población cuyos integrantes son conocidos y pueden ser identificados y listados por el investigador en su totalidad.

La población a la cual está referida el presente estudio lo constituye la piel tallada de cerdo; la cual será empleada para la elaboración de pellets; cabe destacar que para la pruebas pilotos dicha piel fue aportada por empresas PEPSICO C.A.

La población estudiada se caracteriza de la siguiente manera:

Obtener la piel tallada de cerdo para luego ser procesada hasta convertirse en pellets posterior a diversos tratamientos llegando a obtener el óptimo el cual cumpla con los parámetros requeridos. Es importante mencionar que son 15 los tratamientos a realizar.

III.1.2.2 Muestra

El autor Sabino (1995) establece que la muestra constituye, solo una parte del conjunto total de la población y es poseedora de sus propias características. Por tanto, una poblaciones homogénea a medida que sus integrantes se parecen entre si en cuanto características. Con base a este criterio, la muestra constituye una porción de la población sobre la que se realiza el estudio.

Para conformar una muestra es necesario seleccionar cuales unidades de estudio serán observadas. Al respecto, la muestra se define, como aquel sector de la población que se escoge para realizar a investigación, esperando que lo encontrado por medio de ella sea válido para la población y en consecuencia dicha muestra represente a la población en estudio. Risquez, Fuenmayor y Pereira (1999).

Es decir que, la representatividad de la muestra consiste en que los hallazgos pueden ser generalizados a todos los integrantes de la población.

Atendiendo a lo planteado por Tamayo (2002) de que a partir del tamaño de la población, se determina la muestra cuando no es posible medir cada una de las entidades de la población, la misma, se considera representativa.

Partiendo de estas primicias tomamos como muestra el tratamiento optimo de la población, es decir aquel que cumple con las especificaciones requeridas, el pellets el cual respondió satisfactoriamente a las variables aplicadas.

III.1.3 Diseño de la investigación

III.1.4 Metodología de proceso

El trabajo de investigación se desarrolló en las siguientes fases:

Fase I. Caracterización física, química y microbiológica la piel de cerdo a emplear en la investigación. Entre los análisis físicos, se encuentra la apariencia que está presenta identificando el color y deterioros que presente, de manera que no altere las condiciones del pellets, posteriormente es necesario realizar los análisis químicos que comprenden, pH, humedad y microbiológicos.

◁ **Fase II.** Diseño de un arreglo de tratamientos optimal para el proceso de producción industrial de un producto tipo pellet, a partir de piel de cerdo.

◁ **Fase III.** Ajuste de los modelos matemáticos robustos que simulen el proceso de producción industrial de un producto tipo pellet, a partir de piel de cerdo.

- ◁ **Fase IV.** Exploración vía simulación de las condiciones operativas del proceso de producción industrial de un producto tipo pellet, a partir de piel de cerdo.

El diseño optimal del tipo de llenado de espacio será (con un Space Filling Latin Hypercube).

Condiciones.

En este caso se debe variar solo:

X1: Tiempo de evaporación (min)

X2: Presión de vacío (mmHg)

X4: Temperatura en el túnel de secado (°C)

X5: Tiempo en el túnel de secado (minutos)

Tabla 8. Niveles máximos y mínimos del proceso

| Factor | Nivel mínimo | Nivel máximo |
|--|--------------|--------------|
| X1: Tiempo de evaporación (min) (T_{evp}) | 60 | 120 |
| X2: Presión de vacío (mmHg) ($P_{vacío}$) | 400 | 600 |
| X4: Temperatura en el tunel de secado (°C) ($^{\circ}T_{tunel}$) | 70 | 80 |
| X5: Tiempo en el túnel de secado (hr) ($T_{tiempo\ túnel}$) | 4 | 8 |

Tabla 9. Datos de tratamientos para elaborar pellet a partir de la piel de cerdo

| tratamiento | DATOS DE ENTRADA | | | | | | DATOS DE SALIDA | | |
|-------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-----------------|----------|------------------|
| | X1 Tiempo evap min | X2 Presion mmHg | X3 Temp de tunel °C | X4 Tiempo de secado hr | H% | aw | Y1 H% | Y2 pH | Y3 exp cm2 |
| 1 | 64,3 | 500,0 | 78,6 | 5,43 | 47,50 | 0,983 | 11,5 | 6,3 | 4 |
| 2 | 68,6 | 600,0 | 75,7 | 6,29 | 47,00 | 0,979 | 3,14 | 6,48 | 10 |
| 3 | 107,1 | 414,3 | 73,6 | 4,29 | 47,00 | 0,985 | 25,08 | 6,29 | 0 |
| 4 | 111,4 | 585,7 | 74,3 | 7,71 | 45,00 | 0,900 | 21,46 | 6,48 | 5 |
| 5 | 115,7 | 457,1 | 77,1 | 7,43 | 45,00 | 0,900 | 23,5 | 6,39 | 5 |
| 6 | 90,0 | 571,4 | 70,7 | 5,71 | 47,00 | 0,984 | 12,3 | 6,48 | 2 |
| 7 | 102,9 | 428,6 | 80,0 | 5,14 | 47,50 | 0,983 | 11,8 | 6,5 | 2 |
| 8 | 77,1 | 400,0 | 77,9 | 6,86 | 47,50 | 0,984 | 10,7 | 6,48 | 0 |
| 9 | 72,9 | 471,4 | 70,0 | 4,86 | 47,50 | 0,985 | 26,98 | 6,41 | 2 |
| 10 | 94,3 | 442,9 | 72,1 | 6,57 | 47,50 | 0,988 | 29,2 | 6,48 | 0 |
| 11 | 60,0 | 485,7 | 71,4 | 7,14 | 47,50 | 0,985 | 25,05 | 6,5 | 4 |
| 12 | 98,6 | 542,9 | 79,3 | 6,00 | 47,50 | 0,985 | 12,32 | 6,43 | 5 |
| 13 | 120,0 | 557,1 | 72,9 | 4,57 | 47,50 | 0,985 | 27 | 6,48 | 5 |
| 14 | 85,7 | 528,6 | 75,0 | 4,00 | 47,50 | 0,985 | 21,1 | 6,4 | 2 |
| 15 | 81,4 | 514,3 | 76,4 | 8,00 | 47,50 | 0,985 | 7,15 | 6,44 | 2 |

Tabla 10. Expansión del pellet

| Para la medición de expansión tomo una escala de cuadros de 1cm x 1 cm. (cuero se cortó inicialmente de 3cm x 2 cm) | | | | | | |
|---|-------|-------|---|-------|-------|------------------------|
| medida a la salida del secador | | Área | medida después de freírlo a 185°C por 1,5 min | | Área | Exp en cm ² |
| Largo | Ancho | total | Largo | Ancho | Total | Total |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 6 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 4 | 3 | 12 | 10 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 0 |
| 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 9 | 5 |
| 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 9 | 5 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 6 | 2 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 6 | 2 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 0 |
| 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 6 | 2 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 0 |
| 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 8 | 4 |
| 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 9 | 5 |
| 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 9 | 5 |
| 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 6 | 2 |
| 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 6 | 2 |

III.1.5. Modelación matemática de procesos de alimentos

La literatura precisa que la modelación matemática es necesaria cuando se requiere realizar optimización estadístico-matemáticos de procesos complejos, con múltiples factores y múltiples respuestas, por ello es deseable crear modelos matemáticos de cajas blancas (distintos a las excelentes cajas negras creadas por la técnica de redes neuronales), ya que las cajas blancas, permitan visualizar y estudiar el comportamiento de cada factor y el de sus interacciones (de cada término del modelo) y de cada respuesta del proceso, y así, poder controlarlo, a través de manipulaciones de cada variable del proceso. Sin embargo para poder crear modelos matemáticos con capacidad predictiva, se debe diseñar y ejecutar una investigación

bajo diseño estadístico robusto; al respecto esta investigación, al detectar la poca la utilización de técnicas de optimización multiobjetivo en el área de alimentos, usando técnicas de regresión múltiple y técnicas de interfaz visual, de perfiles de respuesta de deseabilidad del producto; en el proceso de estabilización biológica de productos y subproductos del beneficio animal y vegetal, utilizando acidulación química, ajustando modelos de regresión de superficie de respuesta (modelo lineal cuadráticos, $X_1^2, X_2^2, X_1X_2, X_1X_3, X_2X_n, X_1X_2X_n$), ajustando un conjunto de estos modelos (un modelo para cada respuesta) y crear un modelo GOWNCFQT " f g n " r t q e g u q . " u g i À p " n q " t g e q o k g p f c Program (SAS JMP, 2010).

Es frecuente en procesos de optimización multiobjetivo (multirespuesta), utilizar redes neuronales artificiales, sin embargo esta técnica, de excelente capacidad predictiva, es de caja negra o sea no se conoce el modelo de regresión de cada respuesta en función de cada factor experimental, ni cada término del modelo, por lo que no se puede estudiar la covariación específica entre factores experimentales, ni su interacción específica, y como estos afectan cada respuesta. Al respecto, se ha tratado de superar esto, creando modelos de regresión basados en Redes Neuronales de Unidades de Producto, Diseñadas y Entrenadas Mediante Algoritmos de Optimización Híbrida; con ello, se han obtenidos excelentes modelos multiplicativos (no lineales, no aditivos), llamados modelos de unidades de producto, con potencias no enteras; pero que son de escasa interpretabilidad (Estudillo, 2005), no así con los modelos lineales cuadráticos de superficie de respuestas, como son los MLCI1erO+Itrip (SAS JMP, 2010).

En la industria de alimentos, es de interés observar en tiempo real la gráfica del comportamiento de calidad de todas las respuesta del proceso a la vez, en función de cada factor; y que permita crear el sistema de control estadístico de calidad en tiempo

real; por ello, esta investigación tiene la expectativa de contribuir en el aporte de estos conocimientos en lo que respecta a estabilización biológica de subproductos, que permita revalorizarlos (SAS JMP, 2010).

Por lo antes mencionado, y dada la facilidad y disponibilidad de la técnica estadístico-matemática y del software, se utilizará el módulo de co-optimización multiobjetivo (multirespuesta) del software SAS JMP 8 y el módulo de simulación, con visualización gráfica.

Un modelo complejo o un conjunto de modelos, ajustados a procesos experimentales. En esta investigación se ajustarán múltiples MLCI1erO+Itrip; los cuales requieren hacerles mantenimiento en el tiempo, para ajustar las covarianzas y ruidos nuevos, como son los cambios en la materia primas, cambios en la maquinaria, entre otros; y para ello en general se repite el experimento y se ajusta nuevamente el modelo; sin embargo a veces en procesos reales industriales, es difícil repetir el experimento completo o es muy costoso, para ello en esta investigación se usará en principio un diseño Optimal para la experimentación en laboratorio de alimentos (laboratorio LITA-UNELLEZ); ya que estos una vez validados, a posteriori permiten modificar los modelos originales ajustados y crear un modelo simplificado nuevo (modelo sustituto).

En otro sentido, la revisión de literatura en cuanto a la operacionalización de variables y análisis estadístico matemático en este tipo de investigación, muestra que la investigación aquí planteada debe ser de tipo cuantitativa, con análisis paramétricos de alta potencia, para medir los efectos condicionados y los probabilísticos de ocurrencia de errores en el proceso, que permita la posibilidad de pruebas empíricas (SAS JMP, 2010)

III.1.6 El diseño experimental hipercubo latino

El diseño método hipercubo Latino (LatinHypercube) es un compromiso entre la propagación de puntos y el espaciado uniforme. Maximiza la distancia mínima entre los puntos de diseño (igual espaciado de los niveles de cada factor). Este método produce diseños que imitan la distribución uniforme. El método LatinHypercube es un compromiso entre el método Sphere-embalaje y el método de construcción homogéneo. El Diseño LatinHypercubeDesigns (LHD), se recomienda implementar, sí,

- a. Si, esperamos que la respuesta depende sólo de algunos de los insumos (factor de escasez), los puntos deben estar espaciados de manera uniforme cuando se proyecta en la región experimental en estos factores.
- b. Si, asumimos modelo aditivo (aproximadamente), también queremos un diseño cuyos puntos se proyectan de manera uniforme sobre los valores de entradas individuales se puede demostrar que (al menos en algunos supuestos), LHD son mejores que diseños de igual tamaño, obtenidos de un muestreo aleatorio simple.

A diferencia de los diseños compuestos centrales, los LHD son más económicos y más versátiles en ajustar casi cualquier modelo, además no requiere repeticiones para construir modelos matemáticos sustitutos.

III.1.6.1 Hipótesis estadística

III.1.6.2 Hipótesis nula (H_0)

$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$ Que los tratamientos generados no tienen efectos estadísticamente significativos sobre la variabilidad de cada una de las respuestas estudiadas.

III.1.6.3 Hipótesis alternativa (H_a)

$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ " $\neq \mu_0$ " los tratamientos generados tienen efectos estadísticamente significativos sobre la variabilidad de cada una de las respuestas estudiadas.

III.1.7 Formulación de sistema de variables:

III.1.7.1 Variables independientes

Para efecto de esta investigación se seleccionaron las variables independientes las cuales son los factores que modifican, o controlan el proceso.

X1: Tiempo de evaporación (min) (T_{evp})

X2: Presión de vacío (mmHg) ($P_{vacío}$)

X4: Temperatura en el túnel de secado ($^{\circ}C$) ($T_{túnel}$)

X5: Tiempo en el túnel de secado (hr) ($T_{tiempo\ túnel}$)

III 1.7.2 Variables dependientes

Son las respuestas medidas en cada tratamiento aplicado de acuerdo a lo que se percibe al tiempo, cuando se varían las variables independientes.

Y_1 : Humedad ($H\%$)

Y_2 : Acidez iónica (pH)

Y_3 : Expansión (cm^3)

- < **Fase IV.** Caracterización física, química y microbiológicamente el pellet.
- < **Fase V.** Análisis sensorial del pellet elaborado a partir de piel de cerdo.

III.1.8. Equipos e instrumentos

- < Tijera
- < Cuchillos de acero inoxidable
- < Bandejas de acero inoxidable
- < Balanza analítica
- < Pinzas de acero
- < pH metro
- < Medidor de Aw (aqualab)
- < Vasos milimetrado
- < Estufa industrial
- < Evaporador
- < Secadora industrial
- < Congelador
- < Esterilizador
- < Placas de Petri

III.1.8.1 Metodología para estandarizar los pellets de piel de cerdo

Para la elaboración del producto en estudio, se ejecutaron una serie de operaciones que se muestran en la figura, las cuales se detallan a continuación.

III.1.8.2 Recepción de la materia prima

Consiste en recibir el producto e inspeccionar las condiciones de apariencia que presenta al llegar, y almacenarla en las cavas refrigeradoras para evitar deterioración.

- Ø la piel de cerdo al recibirla debe llegar en estado de congelación (-4°C)
- Ø Debe seguir con el proceso de cadena de frío
- Ø Realizar pruebas fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas, para conocer el estado de calidad de la materia prima.
- Ø Contar con proveedores confiables que garanticen la calidad del producto.

III.1.8.3 Pesado

La etapa consiste en pesar las pieles de cerdo para calcularle el porcentaje de rendimiento luego de haber sido cortados.

III.1.8.4 Corte según tamaño

Una vez pesada la piel se procede a la operación de corte según el tamaño apropiado para el consumidor (2x3cm), se realiza manualmente significando un gran esfuerzo para el operario, por otra parte se tiene que estar cambiando a menudo las herramientas (cuchillos) porque el filo se desgasta rápidamente.

III.1.8.5 Adición de preservantes

La adición de preservantes, es la operación que está basada en conferir el sabor al producto y protegerlo contra la oxidación de ácidos grasos evitando olor y sabor a rancidez.

III.1.8.6 Deshidratado

El deshidratado consiste en someter la materia prima en un evaporador controlando variables como, presión de vacío (mín. 450mmhg, máx. 600mmhg) y tiempo (mín. 50min, máx. 120min) generando vapor para retirar la mayor cantidad de humedad del producto.

III.1.8.7 Secado

El secado se realiza en una secadora industrial, controlando variables como temperatura entre (mín. 70°C, máx. 80 °C) y un tiempo (mín. 4h, máx. 6 horas), estas mejoran el deshidratado

III.1.8.8 Análisis de laboratorio

El estudio de los análisis de laboratorio se basa en conocer los componentes del alimento proveniente de los resultados de los diferentes ensayos a que puede someterseles utilizando diferentes métodos de evaluación.

Los estudios de laboratorio se realizan iniciando el proceso y en las etapas posteriores del evaporado al vacío y secado industrial, evaluando los cambios que presente la materia prima luego de cada tratamiento.

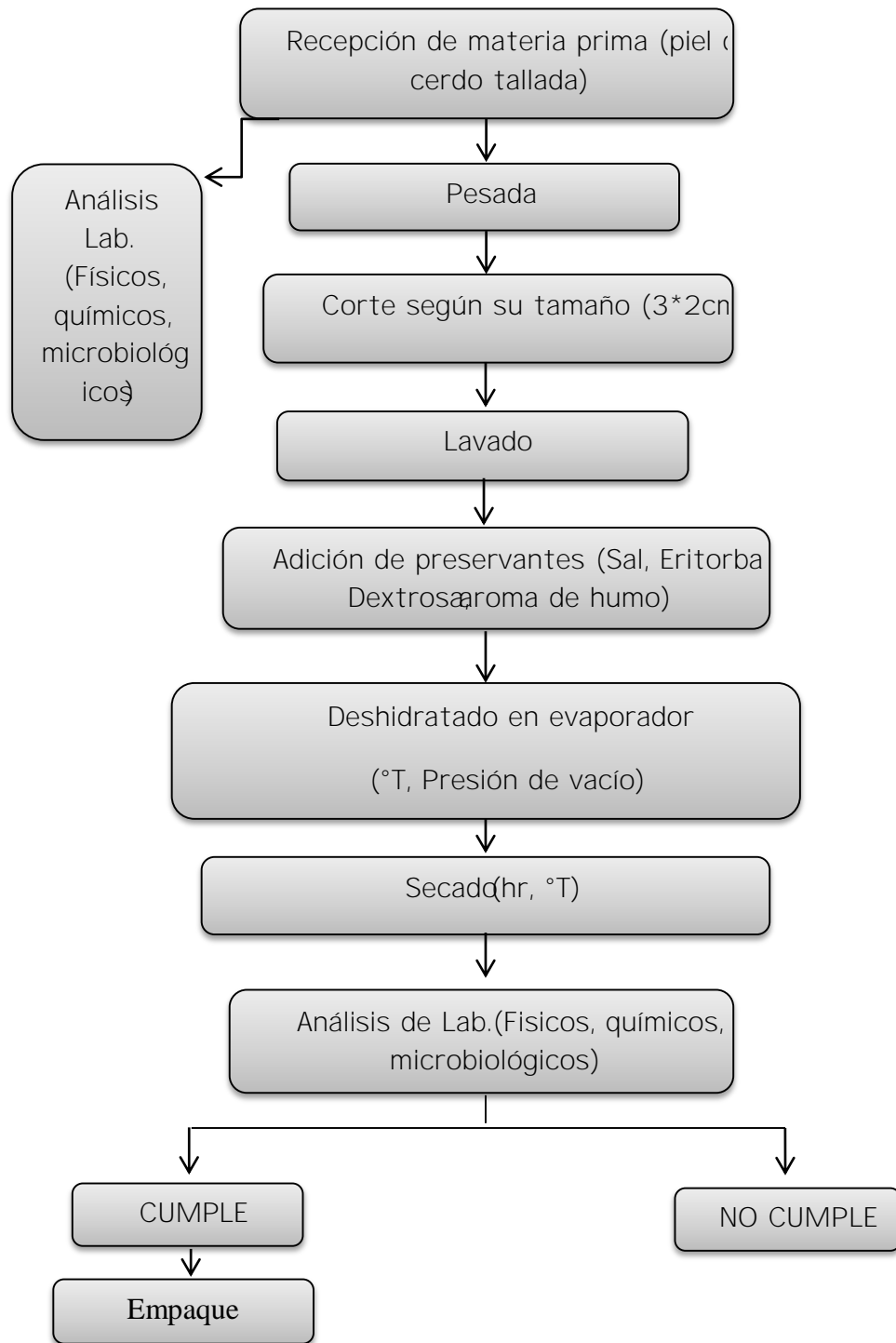


Figura 1. Diagrama de proceso para la obtención de pellet a partir de la piel de cerdo.

Fuente: Determinación Propia

III.1.8.9 Pregelatinización (desnaturalización) del colágeno de piel de cerdo

El exceso de cocción (temperaturas > 100°C por más de 30 min.) solubiliza el colágeno en exceso (forma gelatina) y se forma una masa gelatinosa y suave, con pérdida de funcionalidad estructural, que no favorece la expansión del pellet. El exceso de cocción produce una separación de cada una de las 3 cadenas polipeptídicas del tropocolágeno, pudiendo alcanzar una hidrólisis avanzada, es decir forma gelatina. Si se abusa de la cocción, se forma Demi-Glace o Glace, una solución viscosa a temperaturas tibias-calientes y solido-blando al ambiente; estos últimos casos (Gelatina, Demi-Glace o Glace), no son estructuras funcionales para producir el chicharrón expandido esponjoso. La formación de estas, son aceleradas por el bajo pH (alta acidez titulable), producen un chicharrón chicloso.

Si se deshidrata el pellet gelatinizado a temperaturas muy altas o por largos periodos, se forma una costra externa fuerte, que sella el escape eventual del vapor de agua y dificulta la expansión, que al no ocurrir la expansión, el chicharronero lo deje friendo más tiempo, produciéndose un quemado del pellet.

Por lo anterior, el secado debe realizarse en forma efectiva de tal manera de dejar una humedad necesaria alrededor de 8 a 10%, produciendo una costra suave. Al someter el pellet a 200°C, el agua líquida pasa a vapor en forma casi instantánea (<1 minuto), así, la costra suave formada más las capas de grasa presente, ayudara a retener eventualmente el vapor de agua, formando las celdillas internas; pero permitiendo salir eventualmente el vapor, dejando un pellet esponjado y seco.

A mayor contenido de humedad del pellet de tocino, mayor tiempo de evaporación en la freidora, habrá defectos de esponjamiento. Si se seca mucho produce quemado, pierde sabor a chicharrón y no esponja bien o no esponja nada.

Por lo anterior es importante el tamaño pequeño del pellet (2*2 cm dependiendo del fabricante), es un tamaño adecuado de bocado, la transferencia de calor es rápida, la salida de vapor es eventualmente violenta, para expandir en menos de 1 minuto, tiempo que no permite el quemado de la proteína (colágeno), obteniéndose un chicharrón adecuado.

El punto isoeléctrico del colágeno nativo ocurre con un pH de aproximadamente 9, en este punto precipita la proteína. A $\text{pH} < 6$, ocurren uniones covalentes, que reducen la capacidad de gelatinización, y con alta acidez titulable, se vuelve una masa chiclosa (gelatina, demiglace o glace) sin humedad libre interna, efecto que no favorece la expansión del pellet de piel de cerdo gelatinizado. (Avila H. 2012).

III.1.8.10 Metodología para proceso de análisis físicos y químicos de la piel de cerdo

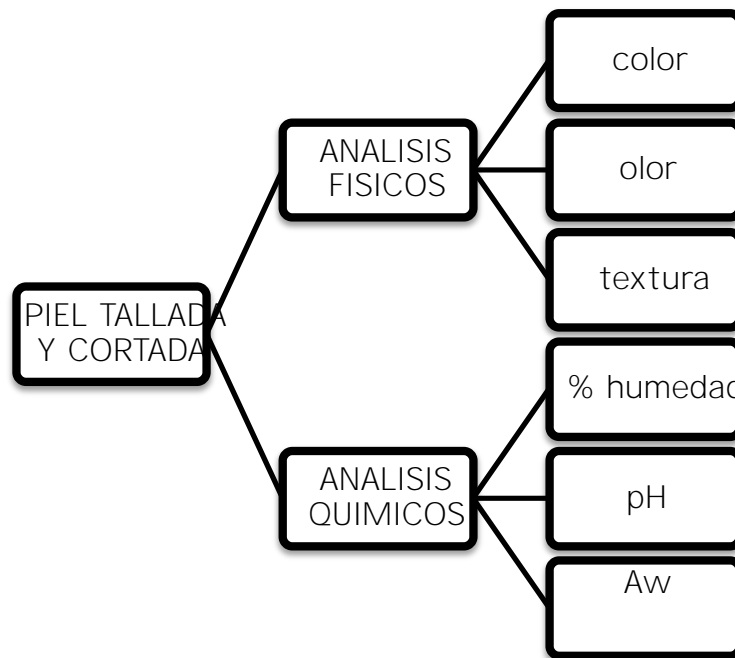


Figura 2. Esquema para análisis físicos y químicos de la piel de cerdo.

Fuente: Determinación Propia

Todo análisis se inicia con la toma, la conservación y el tratamiento de una muestra de la sustancia en cuestión. Si la característica o las características que se quieren evaluar son la presencia o ausencia de una determinada sustancia en un producto alimenticio, el control de calidad es relativamente simple, ya que basta con inspeccionar uno de los alimentos para conseguir la información buscada.

Es necesario realizar los análisis físicos y químicos para asegurar que el producto sea apto para el consumo y para que cumpla con las características y composición que se espera de ellos.

III.1.8.11 Análisis físicos

Es necesario consolidar sus atributos a primera vista, referente al color, la piel de cerdo debe tener una apariencia fresca y preferiblemente de color rosado sin ninguna apreciación de manchas, el olor debe ser característico no desagradable y debe tener una textura firme con la menor ausencia de pelo.

III.1.8.12 Análisis químicos

III.1.8.13 % de humedad

La piel de cerdo por lo general contiene un alto porcentaje de humedad, para la prueba de este análisis de laboratorio se empleará en una estufa con circulación forzada de aire, a presión atmosférica o a vacío pesasustancias en cápsulas de vidrio, porcelana o aluminio,

Para realizar la pesadas se empleará una balanza analítica de sensibilidad 0.1 mg. Las cápsulas perfectamente limpias se secan en estufa a 103 °C durante dos horas. Después de este tiempo se enfrían en desecador hasta temperatura ambiente y se pesa la capsula en balanza analítica.

La manipulación debe hacerse con pinzas. Se coloca en la cápsula, entre 0.5-1.00 g de muestra que previamente habrá sido triturada.

Se introduce la cápsula en la estufa a 105 ± 2 °C ó a 70 °C si se utiliza vacío y se mantiene entre 6 y 12 horas, dependiendo del tipo de alimento. El uso de vacío permite acelerar el secado y limitar las reacciones de oxidación. Transcurrido este tiempo, se saca la cápsula de la estufa y se deja en un desecador, para proceder a pesar cuando se alcance la temperatura ambiente. El secado y pesada se van repitiendo hasta que dos pesadas consecutivas sean constantes. En ese momento se sabrá que toda el agua del alimento ha sido extraída. El contenido en agua de la muestra se calcula por diferencia de peso y se expresa en % de humedad.

III.1.8.14 pH

La piel de cerdo debe presentar reacción ligeramente ácida tornasol, un valor Alcalino indica putrefacción.

Se homogeniza la piel de cerdo en molino, se pesan 10 g de muestra, se mezclaron con 10 ml de agua destilada, se mide el pH con potenciómetro previamente calibrado con buffer de pH 7.

Nota: el extracto acuoso de una piel de cerdo inmediatamente después del sacrificio debe tener un pH entre 6.7-6.9 después de transcurridos 16-20 horas alcanza un pH mínimo de 6.0 límite entre la carne útil para el consumo y el comienzo de la alteración este tiempo puede variar dependiendo de la temperatura ambiental y las condiciones sanitarias del sitio de sacrificio.

III.1.8.15 Aw

La actividad de agua tiene un valor máx de 1 y menor de 0. Cuanto menor sea este valor, mejor se conservará el producto.

Para el análisis de Aw se toma una muestra de 10gr y se introduce en el (aqualab), equipo especializado para medir la cantidad de agua libre que se encuentra en la materia prima (piel de cerdo).

III.1.8.16 Determinación de cenizas

Consiste en Poner a masa constante un crisol de porcelana, perfectamente limpio, introduciéndolo a la mufla a $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ aproximadamente, durante una hora, extraer el crisol de la mufla e introducirlo a una estufa a $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante al menos 15 minutos. Pasar el crisol al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente. Se determina la masa del crisol en balanza analítica con aproximación de miligramos. Registrar el dato como A.

Se procede a tomar una muestra representativa de dos gramos previamente secada y determinar la masa del crisol con la muestra en balanza analítica con aproximación a miligramos. Registrar el dato como B.

Se incinera la muestra utilizando un mechero hasta que no emita humo y las paredes del crisol estén blancas.

Se introduce el crisol, con la muestra calcinada, a la mufla a $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ aproximadamente, durante una hora, extraer el crisol de la mufla e introducirlo a una estufa a $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante al menos 15 minutos. Pasar el crisol al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.

Se determinar el peso del crisol y del espécimen calcinado en balanza analítica con aproximación de miligramos. Registrar el valor como C.

Expresión de resultados:

Dónde:

A= masa del crisol vacío en gramos

B= masa del crisol y la muestra seca en gramos

C= masa del crisol y la muestra calcinado en gramos

III.1.8.17 Determinación de proteína

Se determinó el porcentaje de proteína por medio del método de Kjeldahl. En 1883 el investigador danés **Johann Kjeldahl** desarrolló el método más usado en la actualidad para el análisis de proteínas (método **Kjeldahl**) mediante la determinación del nitrógeno orgánico. En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. El nitrógeno orgánico total se convierte mediante esta digestión en sulfato de amonio. La mezcla digerida se neutraliza con una base y se destila posteriormente. El destilado se recoge en una solución de ácido bórico. Los aniones del borato así formado se titulan con **HCl** (o **H₂SO₄**) estandarizado para determinar el nitrógeno contenido en la muestra.

Se llevó a cabo en el laboratorio de investigación de la UNELLEZ San Carlos donde:

Se toma una fiola, se pesa la muestra entre 2-3gr, se agrega una pastilla catalizadora si es en polvo colocar 18gr.agregar entre 5-8 perlas de vidrio, luego 20 ml de H₂SO₄ llevar a una estufa hasta hacer humo flamante. Dejar reposar por 10minutos, agregar 50 ml de agua destilada caliente (destilación).

En un balón aforado agregar la muestra digerida, 200ml de agua destilada fría, 100ml de HAOH. Tomar volumen gastado.

Formula

III.1.8.18 Metodología de análisis microbiológicos para la piel de cerdo.

El crecimiento microbiano son los componentes químicos que llevan a un incremento de los constituyentes y estructuras celulares. Los nutrientes, a partir de los cuales los microorganismos sintetizan sus principales biomoléculas y obtienen su energía, están disueltos en agua, razón por la cual el crecimiento celular depende de la disponibilidad de agua.

Utilizadas las técnicas del laboratorio de microbiología de la UNELLEZ ó San Carlos, y lo establecido en las normas COVENIN 902, COVENIN 3276, COVENIN 1293, COVENIN 1337.

Se procedió a preparar la muestra de 10gr de extracto de piel de cerdo, donde se utilizó agua de peptona al 0,1%. Para la preparación de este medio se utilizó una concentración de 25,5gr de peptona wáter (buffered) ISO 6579 por cada 1000ml de agua de acuerdo a lo establecido en la norma COVENIN 1337 ó 90. Para cada proceso de diluciones se requiere preparar el agua peptonada necesaria para este caso se preparó para las siembras.

Preparación de Agar.

Agar Plate Count: con siembra en profundidad se este se utiliza para el crecimiento de aerobios mesofilos.

10 placas* 15 ml* 4 días =600 ml de Agar P.C

Cantidad de Agar Plate Count a utilizar:

23 g A.P.C —————> 1000 ml H₂O destilada

X <———— 600 ml

$$X = 13,8 \text{ gr A.P.C}$$

Agar Endo: con siembra en profundidad se este se utiliza para el crecimiento de coliformes totales.

4 placas* 15 ml* 4 días = 240 ml de Agar E.

Cantidad de Agar Endo a utilizar:

41,5 g A.E \longrightarrow 1000 ml H₂O destilada

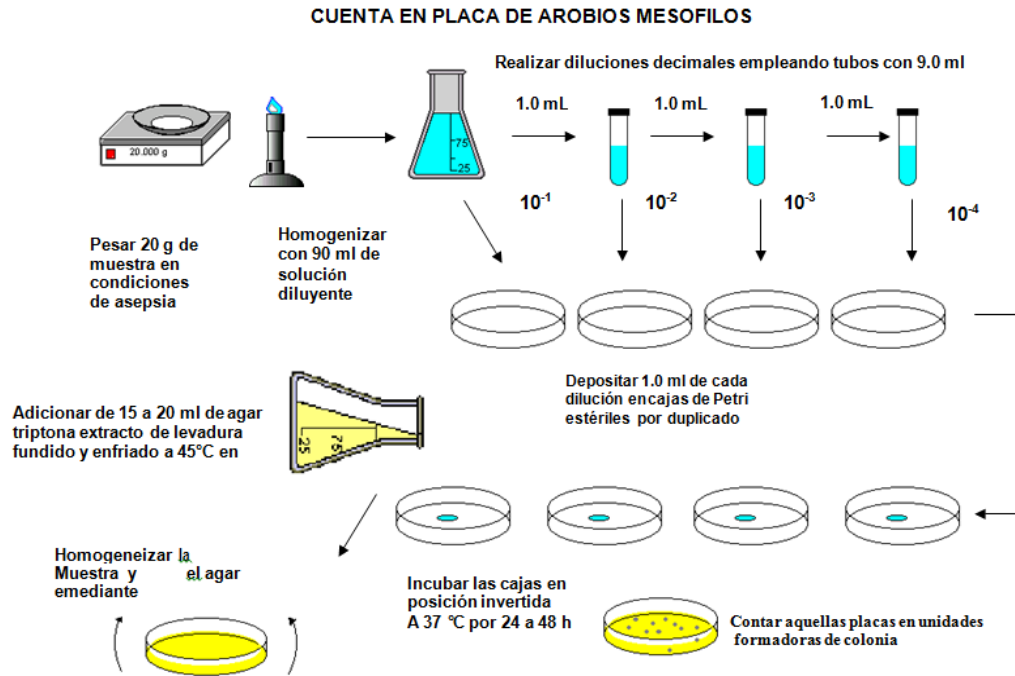
X \longleftarrow 240 ml

$$X = 10 \text{ gr A.E.}$$

Con referencia a lo anterior, para los análisis de levadura a partir de las diluciones efectuadas, continuamos con la inoculación por esparcimiento de 0.1 ml de cada dilución para el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA). Acción seguida, incubamos las placas de Petri, se utilizaron 2 placas en , 2 en , 2 en y 2 en se ubican en posición normal, a 22-25°C durante 48 horas, en la incubadora. Después del periodo de incubación, sólo seleccionamos las placas que tienen un número contable de colonias (norma COVENIN 1337) y procedemos a realizar el conteo microbiológico. El resultado debe ser expresado en unidades formadoras de colonia (UFC/g).

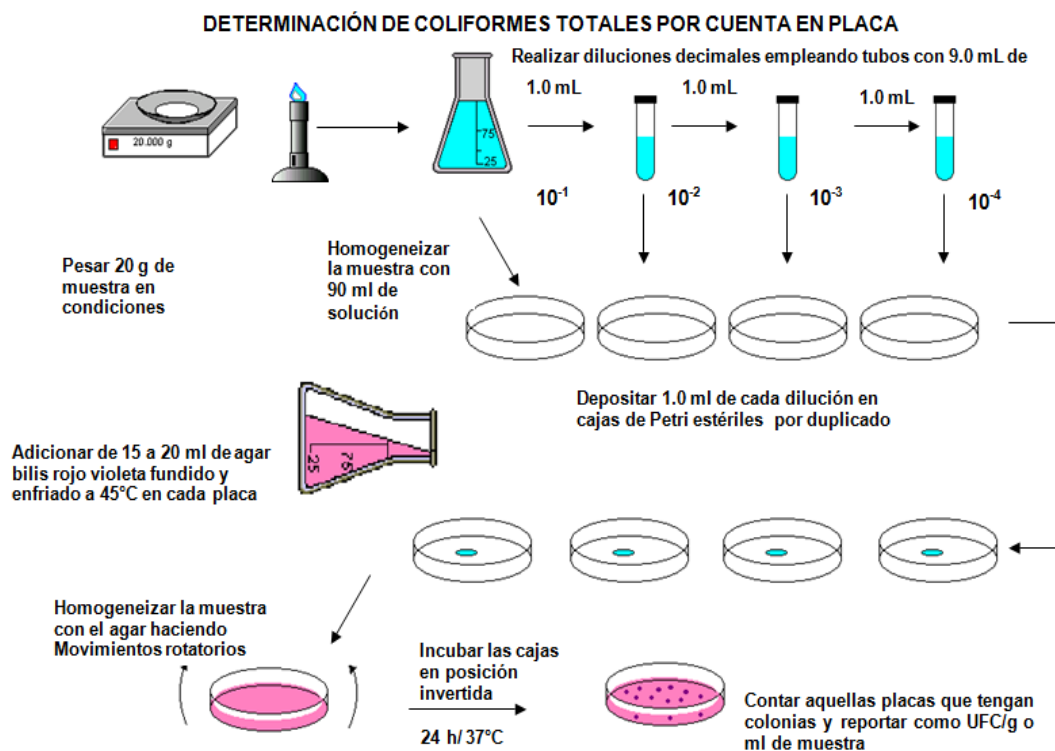
Para los análisis de Staphylococcus aureus Luego de realizadas las diluciones pertinentes, procedemos a la inoculación por esparcimiento de 0.1 ml se utilizaron 2 placas de Petrifil en , 2 en , 2 en de acuerdo con la Norma COVENIN 1292 A partir de esto, incubamos las placas en posición invertida a 37°C durante 48 horas. Después del periodo de incubación, sólo seleccionamos las placas que tienen un número contable de colonias. En las colonias típicas de Staphylococcus (generalmente negras) se comprueba la presencia o ausencia.

Figura 3: Determinación de Aerobios mesofilos



Fuente: normas COVENIN 902-87

Figura 4: Determinación de Coliformes totales



Fuente: norma COVENIN 1086-84

Tabla 11. Calidad microbiológica de la piel tallada de cerdo

| Análisis | Piel tallada | Limite | Und | Método |
|--------------------------------|--------------|----------|-------|--------------|
| Recuento de Aerobios mesófilos | 1500 | | Ufc/g | COVENIN 902 |
| Coliformes totales | 2 | 2 | | COVENIN 3276 |
| Staphylococcus aureus | NEGATIVO | NEGATIVO | - | COVENIN 1292 |
| Hongos y Levadura | 30 | | Ufc/g | COVENIN 1337 |

Fuente: Carnes el paso

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el presente capítulo se expone un panorama sucinto sobre el análisis de datos. Se describen de manera no exhaustiva algunos elementos de cuadros, gráficos y estadísticos útiles tanto para la organización y presentación de los datos y resultados como para el análisis de los resultados de investigación.

Se inicia el capítulo con la presentación de los datos obtenidos en laboratorio * e w c f t q " 3 4 + 0 " g n " e w c n " o w g u v t c " n c " o c v t k | " ð repeticiones y, las respectivas respuestas tecnológicas medidas, para cada tratamiento; seguidamente se presenta un análisis preliminar de bondad de ajuste de los datos, a modelos lineales aditivos, cuadráticos; una vez mostrada la robustez de los modelos se realiza un análisis SCREENING, en la búsqueda de diagnosticar que términos del modelo lineal aditivo de alto orden son los más importante en explicar cada respuesta. Finalizando con la modelación definitiva y optimización operativa del proceso.

KX030" Ocvtk|" ðFö" fg" fkug°q" fg" vtcvc okgpvqu" {" fcvqu" ogfkfqu" gp" gn" rgngv." gp" **laboratorio.**

En el cuadro 12, se muestran los datos experimentales obtenidos en la investigación.

Tabla 34 "Ocvtk | "õFö" {"ncu"tgurwguvcu"vgepq» ikecu" o gfkf cu" c"nqu" rgmgv" fg" rkgu" fg"
cerdo.

| | | Factores experimentales | | | | Respuestas | | |
|--------|------|-------------------------|--------|-------|------|------------|-------|------|
| Repet. | Trat | X1 | X2 | X3 | X4 | Y1 | Y3 | Y2 |
| 1 | 1 | 64,30 | 500,00 | 78,60 | 5,43 | 11,50 | 4,00 | 6,31 |
| 1 | 2 | 68,60 | 600,00 | 75,70 | 6,29 | 3,14 | 10,00 | 6,42 |
| 1 | 3 | 107,10 | 414,30 | 73,60 | 4,29 | 25,08 | 0,00 | 6,32 |
| 1 | 4 | 111,40 | 585,70 | 74,30 | 7,71 | 21,46 | 5,00 | 6,43 |
| 1 | 5 | 115,70 | 457,10 | 77,10 | 7,43 | 23,50 | 5,00 | 6,27 |
| 1 | 6 | 90,00 | 571,40 | 70,70 | 5,71 | 12,30 | 2,00 | 6,43 |
| 1 | 7 | 102,90 | 428,60 | 80,00 | 5,14 | 11,80 | 2,00 | 6,45 |
| 1 | 8 | 77,10 | 400,00 | 77,90 | 6,86 | 10,70 | 0,00 | 6,42 |
| 1 | 9 | 72,90 | 471,40 | 70,00 | 4,86 | 26,98 | 2,00 | 6,32 |
| 1 | 10 | 94,30 | 442,90 | 72,10 | 6,57 | 29,20 | 0,00 | 6,41 |
| 1 | 11 | 60,00 | 485,70 | 71,40 | 7,14 | 25,05 | 4,00 | 6,47 |
| 1 | 12 | 98,60 | 542,90 | 79,30 | 6,00 | 12,32 | 5,00 | 6,34 |
| 1 | 13 | 120,00 | 557,10 | 72,90 | 4,57 | 27,00 | 5,00 | 6,41 |
| 1 | 14 | 85,70 | 528,60 | 75,00 | 4,00 | 21,10 | 2,00 | 6,30 |
| 1 | 15 | 81,40 | 514,30 | 76,40 | 8,00 | 7,15 | 2,00 | 6,42 |
| 2 | 1 | 64,30 | 500,00 | 78,60 | 5,43 | 11,00 | 4,00 | 6,30 |

| | | | | | | | | |
|---|----|--------|--------|-------|------|-------|-------|------|
| 2 | 2 | 68,60 | 600,00 | 75,70 | 6,29 | 3,00 | 10,00 | 6,41 |
| 2 | 3 | 107,10 | 414,30 | 73,60 | 4,29 | 24,82 | 0,00 | 6,33 |
| 2 | 4 | 111,40 | 585,70 | 74,30 | 7,71 | 21,00 | 4,83 | 6,41 |
| 2 | 5 | 115,70 | 457,10 | 77,10 | 7,43 | 22,88 | 5,00 | 6,27 |
| 2 | 6 | 90,00 | 571,40 | 70,70 | 5,71 | 11,65 | 2,00 | 6,41 |
| 2 | 7 | 102,90 | 428,60 | 80,00 | 5,14 | 11,12 | 2,12 | 6,44 |
| 2 | 8 | 77,10 | 400,00 | 77,90 | 6,86 | 10,11 | 1,87 | 6,42 |
| 2 | 9 | 72,90 | 471,40 | 70,00 | 4,86 | 26,31 | 2,00 | 6,32 |
| 2 | 10 | 94,30 | 442,90 | 72,10 | 6,57 | 28,86 | 1,88 | 6,41 |
| 2 | 11 | 60,00 | 485,70 | 71,40 | 7,14 | 25,00 | 3,89 | 6,44 |
| 2 | 12 | 98,60 | 542,90 | 79,30 | 6,00 | 12,30 | 4,87 | 6,36 |
| 2 | 13 | 120,00 | 557,10 | 72,90 | 4,57 | 27,21 | 5,00 | 6,41 |
| 2 | 14 | 85,70 | 528,60 | 75,00 | 4,00 | 20,87 | 2,00 | 6,30 |
| 2 | 15 | 81,40 | 514,30 | 76,40 | 8,00 | 7,00 | 2,00 | 6,40 |
| 3 | 1 | 64,30 | 500,00 | 78,60 | 5,43 | 12,00 | 4,21 | 6,30 |
| 3 | 2 | 68,60 | 600,00 | 75,70 | 6,29 | 3,23 | 10,42 | 6,40 |
| 3 | 3 | 107,10 | 414,30 | 73,60 | 4,29 | 25,31 | 1,00 | 6,30 |
| 3 | 4 | 111,40 | 585,70 | 74,30 | 7,71 | 23,00 | 5,23 | 6,40 |
| 3 | 5 | 115,70 | 457,10 | 77,10 | 7,43 | 24,20 | 5,34 | 6,29 |
| 3 | 6 | 90,00 | 571,40 | 70,70 | 5,71 | 13,00 | 2,80 | 6,40 |

| | | | | | | | | |
|---|----|--------|--------|-------|------|-------|------|------|
| 3 | 7 | 102,90 | 428,60 | 80,00 | 5,14 | 13,21 | 2,64 | 6,44 |
| 3 | 8 | 77,10 | 400,00 | 77,90 | 6,86 | 11,12 | 1,13 | 6,38 |
| 3 | 9 | 72,90 | 471,40 | 70,00 | 4,86 | 27,26 | 2,12 | 6,32 |
| 3 | 10 | 94,30 | 442,90 | 72,10 | 6,57 | 30,13 | 1,14 | 6,39 |
| 3 | 11 | 60,00 | 485,70 | 71,40 | 7,14 | 25,45 | 4,23 | 6,44 |
| 3 | 12 | 98,60 | 542,90 | 79,30 | 6,00 | 13,00 | 5,41 | 6,34 |
| 3 | 13 | 120,00 | 557,10 | 72,90 | 4,57 | 27,53 | 5,25 | 6,39 |
| 3 | 14 | 85,70 | 528,60 | 75,00 | 4,00 | 21,45 | 2,21 | 6,31 |
| 3 | 15 | 81,40 | 514,30 | 76,40 | 8,00 | 7,33 | 2,23 | 6,37 |

Fuente: Elaboración propia (2017)

IV.2. Bondad de ajuste preliminar de los datos, a modelos lineales aditivos de alto orden

En lo siguiente, se muestra, una visualización de la bondad de ajuste de los datos a modelos lineales aditivos cuadráticos, del tipo:

$$y = \mu_0 + \sum_{j=1}^k \mu_j x_j + \sum_{i < j} \mu_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^k \mu_{jj} x_j^2 + \epsilon$$

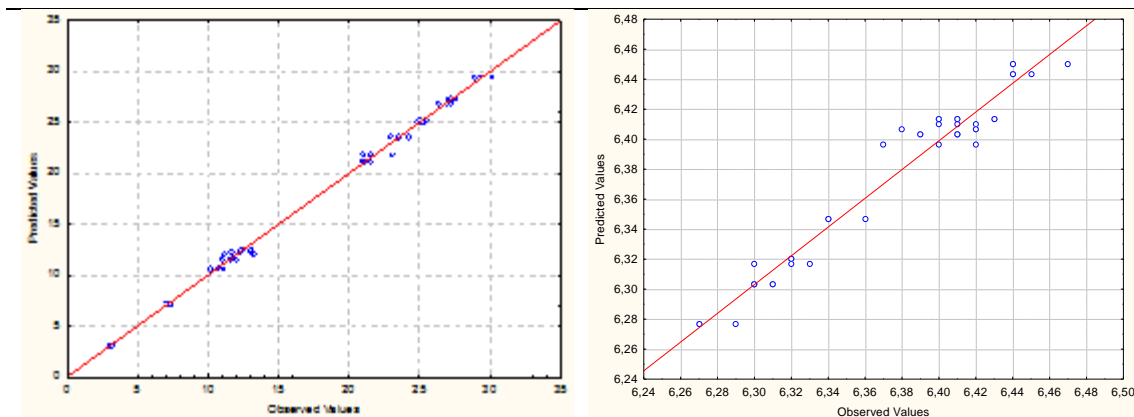
El modelo para 04 (cuatro) factores experimentales, tendrá la siguiente estructura (19 coeficientes regresores y un término independiente) 2

$$\begin{aligned}
Y_i = & \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{44} X_4^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 \\
& + \beta_{14} X_1 X_4 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{24} X_2 X_4 + \beta_{34} X_3 X_4 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 + \beta_{124} X_1 X_2 X_4 + \\
& + \beta_{134} X_1 X_3 X_4 + \beta_{234} X_2 X_3 X_4 + \beta_{1234} X_1 X_2 X_3 X_4 + \epsilon_i
\end{aligned}$$

Una vez ajustado los modelos (uno para cada respuesta), se comprobó sus

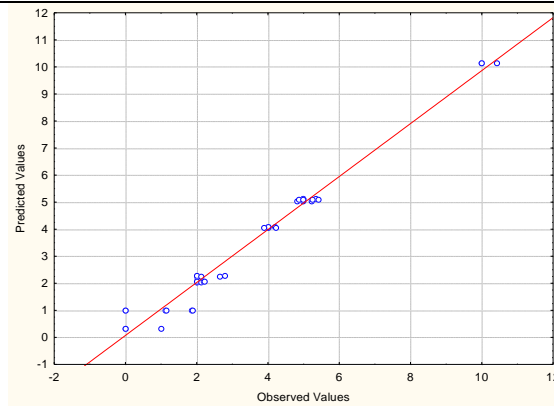
1. Normalidad: los datos obtenidos en cada nivel del factor se ajustaron razonablemente a una distribución Normal de Gauss.
2. Homocedasticidad: la variabilidad de los datos en cada nivel del factor es similar (contraste de igualdad de varianzas)
3. Linealidad: los residuos (diferencia de los datos a su media, en cada nivel del factor) se distribuyen alrededor del cero (gráfico de residuos).
4. Independencia: las observaciones se realizan de forma independiente unas de otras.

Figura 5. Visual de la bondad de ajuste de los datos al modelo.



Y1: Humedad [%]: $R^2 = 99,68 \%$

Y2: pH: $R^2 = 95,85 \%$



Y₃: Expansión [cm²]: R² = 97,91 %

Una vez mostrada la bondad de ajuste, a priori, se realiza un análisis screening, para modelación lineal aditiva de alto orden, que utiliza regresión de máxima verosimilitud, que agrega términos de interacciones de alto orden posibles al modelo.

En las figuras 6 y 7, siguientes se visualizan los términos importantes en el modelo (términos tachado en franja oscura).

Figura 6. Contraste para la respuesta Y1: Humedad [%]

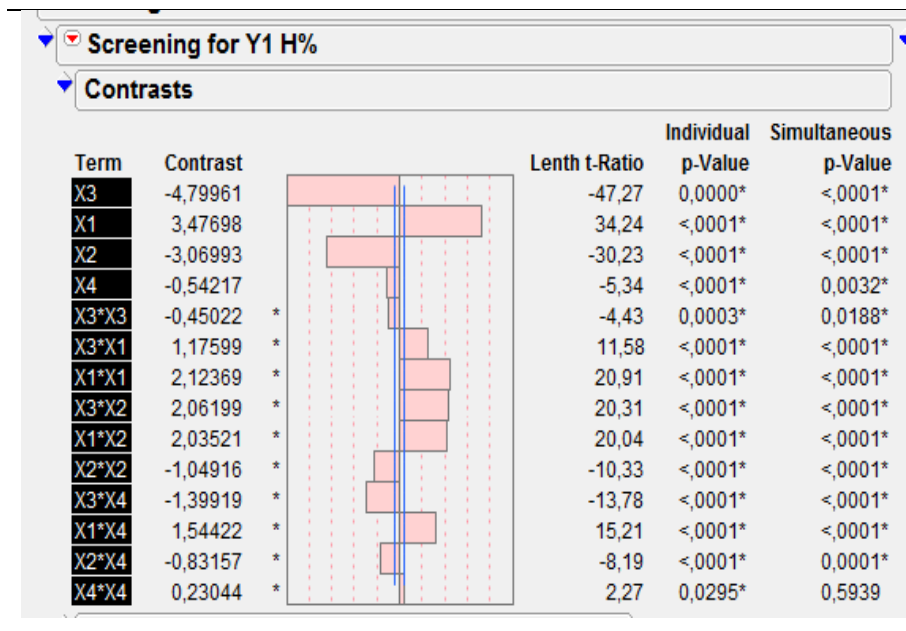


Figura 7. Contraste para la respuesta Y2: Ph

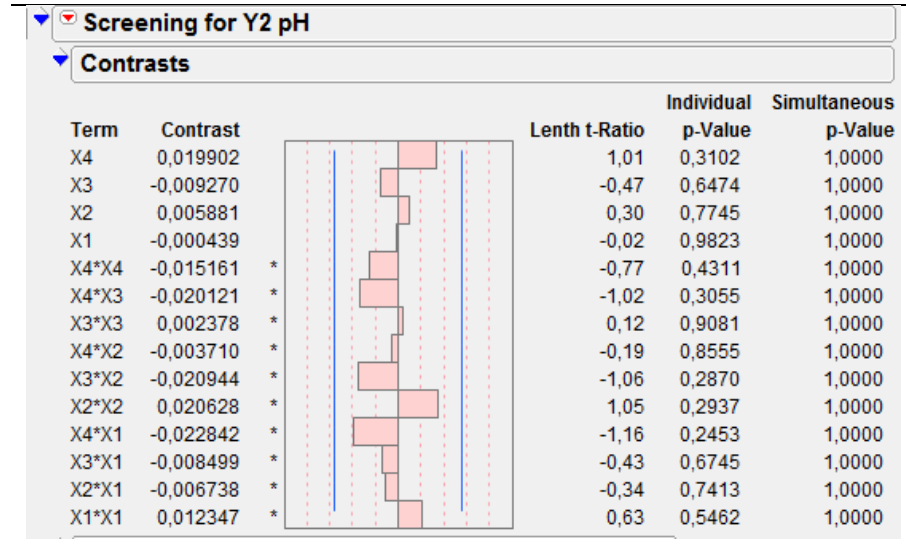
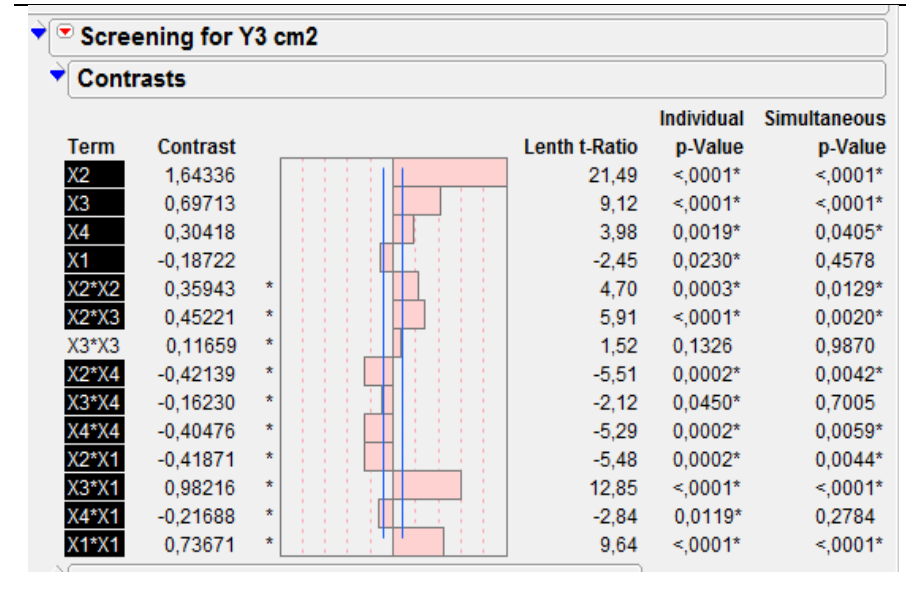


Figura 8. Contraste para la respuesta Y3: Expansión [cm²]



La figura 6, para humedad (%), indica que todos los términos del modelo son necesarios para explicar la variabilidad de la respuesta Y1 (contenido de humedad).

La figura 7, para pH, indica que ningún término es capaz de explicar la variabilidad de la respuesta pH; indicando ello que el pH tuvo una muy pequeña variabilidad en el experimento, por tanto, esta respuesta se excluyó del análisis estadístico y de la optimización operativa. Para el caso de la respuesta expansión (Y3), solo término X_3^2 , se indica que no explica suficiente la variabilidad de esta respuesta; por lo que este término es susceptible de sustraerlo del modelo.

IV.5. Ajuste de modelos del proceso

La modelación de las variables medidas, se ajustaron con mínimos cuadrados ordinarios matriciales, usando el programa SAS JMP 8, el módulo de regresión de superficie de respuesta y; para la optimización operativa el módulo de perfiles de respuesta y de deseabilidad, junto con el simulador del programa SAS JMP 8.

Se ajustaron dos modelos (uno para cada respuesta), formando el metamodelo o modelo de simulación de calidad del pellet de tocino de cerdo. En los cuadros 13 y 14, se muestran. Este par de ecuaciones forman el metamodelo de simulación.

Tabla 13. Modelo para la respuesta Y1: Contenido de humedad [%]

| Términos | Parámetros | Error estándar | t Ratio | Prob> t |
|------------|------------|----------------|---------|---------|
| Intercepto | 151,138 | 4,42 | 34,22 | 0,000** |
| X1 | 0,220 | 0,01 | 29,39 | 0,000** |
| X2 | -0,059 | 0,00 | -22,68 | 0,000** |
| X3 | -1,660 | 0,05 | -34,83 | 0,000** |

| | | | | |
|-------------------|--------|------|-------|---------|
| X4 | -1,066 | 0,24 | -4,45 | 0,000** |
| (X1-90)*(X1-90) | 0,008 | 0,00 | 10,34 | 0,000** |
| (X2-500)*(X2-500) | 0,000 | 0,00 | 1,79 | 0,083ns |
| (X3-75)*(X3-75) | 0,207 | 0,14 | 1,51 | 0,143ns |
| (X4-6)*(X4-6) | 1,953 | 0,71 | 2,74 | 0,010** |
| (X1-90)*(X2-500) | 0,001 | 0,00 | 4,06 | 0,000** |
| (X1-90)*(X3-75) | -0,000 | 0,01 | -0,05 | 0,962ns |
| (X1-90)*(X4-6) | 0,091 | 0,01 | 16,27 | 0,000** |
| (X2-500)*(X3-75) | 0,022 | 0,00 | 7,85 | 0,000** |
| (X2-500)*(X4-6) | -0,036 | 0,01 | -4,51 | 0,000** |
| (X3-75)*(X4-6) | -1,030 | 0,11 | -9,49 | 0,000** |

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 14. Modelo para la respuesta Y3: Expansión [cm²]

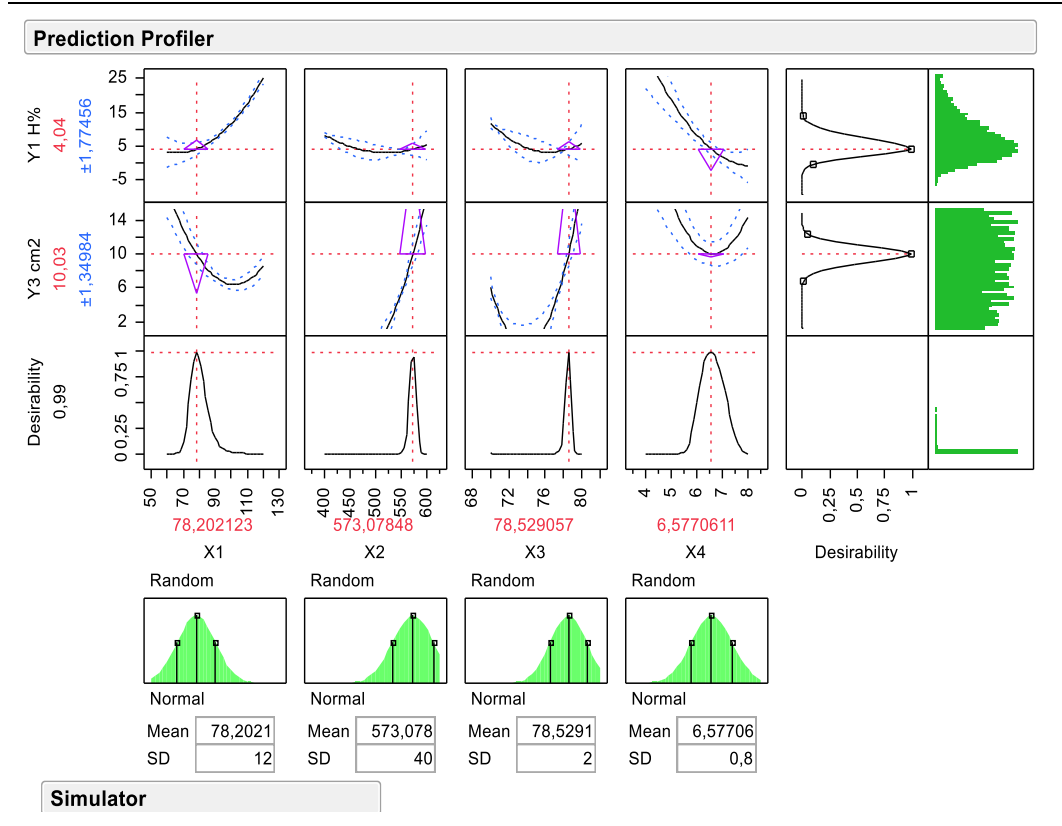
| Términos | Parámetros | Error estándar | t Ratio | Prob> t |
|-------------------|------------|----------------|---------|---------|
| Intercepto | -46,561 | 3,36 | -13,86 | 0,000** |
| X1 | 0,018 | 0,01 | 3,12 | 0,004** |
| X2 | 0,036 | 0,00 | 18,33 | 0,000** |
| X3 | 0,156 | 0,04 | 4,30 | 0,000** |
| X4 | 0,896 | 0,18 | 4,92 | 0,000** |
| (X1-90)*(X1-90) | 0,006 | 0,00 | 11,51 | 0,000** |
| (X2-500)*(X2-500) | 0,001 | 0,00 | 6,31 | 0,000** |
| (X3-75)*(X3-75) | 0,495 | 0,10 | 4,74 | 0,000** |
| (X4-6)*(X4-6) | 2,368 | 0,54 | 4,36 | 0,000** |
| (X1-90)*(X2-500) | -0,002 | 0,00 | -6,72 | 0,000** |
| (X1-90)*(X3-75) | -0,020 | 0,01 | -3,08 | 0,004** |
| (X1-90)*(X4-6) | 0,022 | 0,00 | 5,15 | 0,000** |

| | | | | |
|------------------|--------|------|-------|---------|
| 6) | | | | |
| (X2-500)*(X3-75) | 0,013 | 0,00 | 6,17 | 0,000** |
| (X2-500)*(X4-6) | -0,035 | 0,01 | -5,70 | 0,000** |
| (X3-75)*(X4-6) | -0,322 | 0,08 | -3,90 | 0,001** |

Fuente: Elaboración propia (2017).

Los modelos (ecuaciones) obtenidos se introdujeron en la hoja de cálculo del Programa SAS JMP 8 (cada ecuación como una columna) y se procedió a hacer simulaciones con las siguientes condiciones de calidad deseadas, en forma de un archivo de texto. La figura 7 es una visual de la hoja de cálculo del simulador del programa SAS. JMP8.

Hki wtc";0"Eqp fke kqpgu" fg"ecnk fcf" cnecp | cf cu" rctc"õ o kpk o k | ct"gn"eqpv gpkf q" fg"
 jwog fcf" {" o czk o k | ct"nc"gzrcpuk»pö."eqp" o 0elq0 o .



Las condiciones alcanzadas se muestran en la figura 7. La cual muestra que con las condiciones experimentales de X₁: 78,20 min; X₂: 573,08 mmHg; X₃: 78,53 °C y X₄: 6,58 hr Se obtiene un pellet de tocino, con alrededor de 4 % de humedad y con una expansión de alrededor de 10cm; para las condiciones de freído: la temperatura del aceite vegetal de 180°C aproximadamente, por un tiempo de freído de 1-1.5 minutos. Durante el proceso de freído manual, la temperatura del aceite debe mantenerse, ya que al introducirse el pellet que está a temperatura ambiente, la temperatura del aceite baja, por lo que es necesario estar monitoreando la temperatura frecuentemente. El pellet se debe mantener completamente sumergido en el aceite y

si es posible debe moverse mientras esté sumergido para lograr un mejor contacto del pellet con el aceite y así facilitar su esponjado.

En el freído manual, se debe tener cuidado de no introducir demasiado pellet a la canastilla o a la línea de freído porque cuando es mucho el producto que se pretende esponjar y no se tiene suficiente espacio para que expanda, no permite que el pellet esponje a su máximo posible, afectando el tamaño, rendimiento (absorción de aceite) y calidad del chicharrón.

Como una forma de contrastar los resultados, se procesaron los datos con una red neuronal, previamente entrenada.

Figura 10. Red neuronal artificial, condiciones de entrenamiento y bondad de ajuste

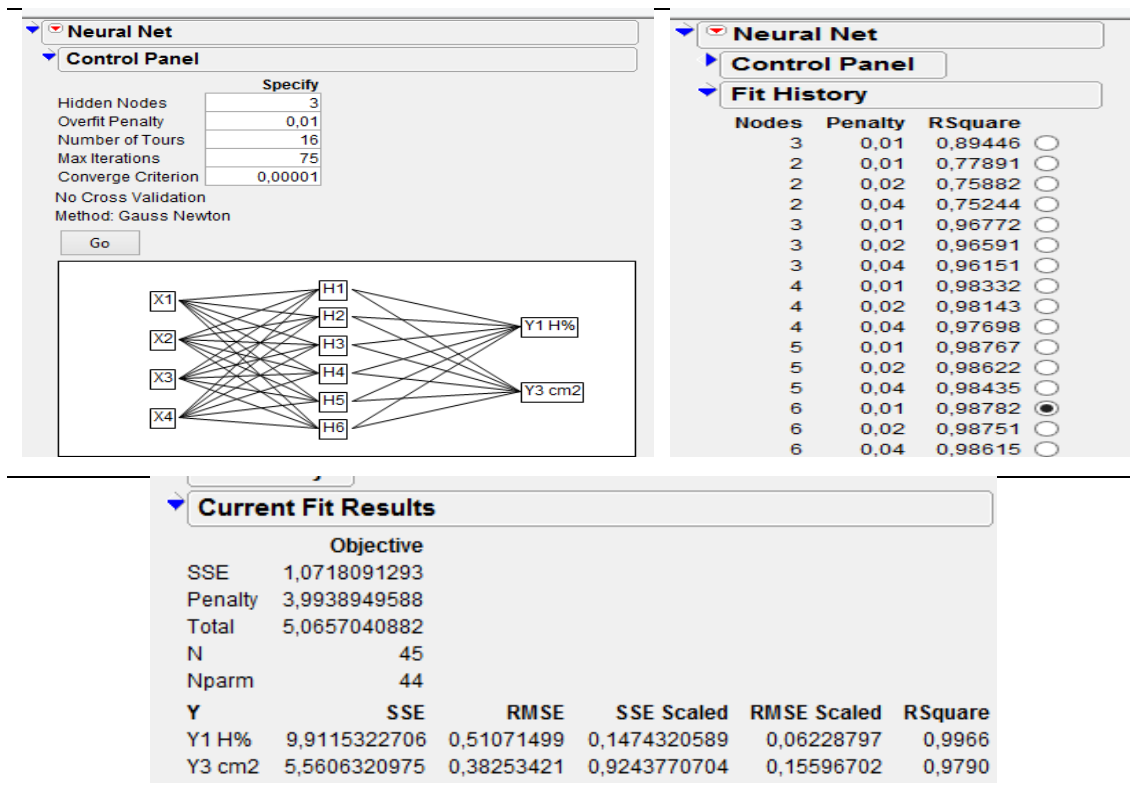
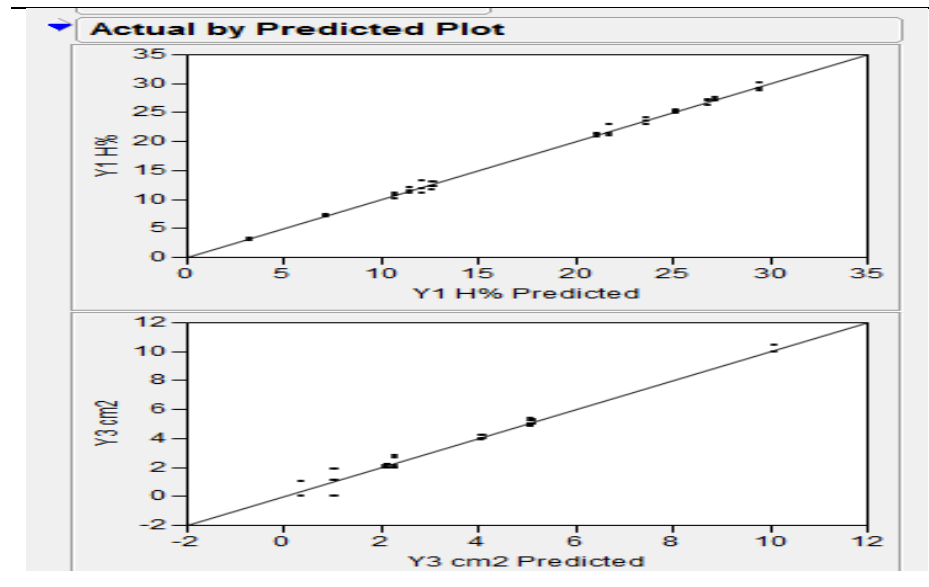


Figura 11. Bondad de ajuste de los modelos de red neuronal artificial



El metamodelo genérico se muestra en el cuadro 15. Siguiendo.

Tabla 15. Parámetros del modelo genérico de la red neuronal artificial

| Parámetros | Valor |
|---------------|------------|
| H1:Intercepto | 0,22514441 |
| H2:Intercepto | 1,58098771 |
| H3:Intercepto | 1,1624159 |
| H4:Intercepto | -0,2821325 |
| H5:Intercepto | 0,44323819 |
| H6:Intercepto | -1,3951039 |

Interceptos de
la ecuación
logística (z)

| | | |
|-------|------------|--|
| H1:X1 | 1,35757688 | |
| H1:X2 | -0,8546002 | |
| H1:X3 | 1,37493167 | |
| H1:X4 | 1,42571627 | |
| H2:X1 | 0,24254926 | |
| H2:X2 | -2,4621271 | |
| H2:X3 | 0,30189852 | |
| H2:X4 | -0,7222408 | |
| H3:X1 | -1,0020473 | Coeficientes de estandarización de cada variable Xi |
| H3:X2 | 1,86562688 | |
| H3:X3 | 0,77994312 | |
| H3:X4 | -0,1679657 | |
| H4:X1 | 1,08647102 | |
| H4:X2 | 0,13046536 | |
| H4:X3 | -0,8865621 | |
| H4:X4 | -2,0655444 | |
| H5:X1 | 1,04332551 | |
| H5:X2 | 0,16997358 | |
| H5:X3 | -2,8396814 | |

| | | |
|-------------------|------------|-------------------------|
| H5:X4 | -0,3895013 | |
| H6:X1 | 1,35709659 | |
| H6:X2 | 2,16155338 | |
| H6:X3 | 1,98852671 | |
| H6:X4 | 0,13842974 | |
| Y1 H%:Intercepto | -4,0197828 | Interceptos internos |
| Y3 cm2:Intercepto | 3,30149335 | de cada modelo Yi |
| Y1 H%:H1 | -0,0063819 | |
| Y1 H%:H2 | 2,906963 | |
| Y1 H%:H3 | 0,42034387 | |
| Y1 H%:H4 | -1,0891004 | |
| Y1 H%:H5 | 3,15262336 | Valores multiplicativos |
| Y1 H%:H6 | 1,40583507 | (numerador) |
| Y3 cm2:H1 | -3,0562799 | de cada |
| Y3 cm2:H2 | -0,5853989 | HiFórmula |
| Y3 cm2:H3 | -2,163446 | |
| Y3 cm2:H4 | -1,7113234 | |
| Y3 cm2:H5 | -0,6372699 | |
| Y3 cm2:H6 | 3,14237435 | |

En lo siguiente se muestran los modelos no lineales ajustados con la red neuronal artificial.

Y1: Humedad [%] =

| | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| -4,0197828255879 | | |
| + -0,0063818722635 * H1 Formula | | |
| + 2,90696299543813 * H2 Formula | | |
| + 0,42034386780344 * H3 Formula | * 8,19925577430813 | + 17,9695555555556 |
| + -1,0891004499054 * H4 Formula | | |
| + 3,15262335575246 * H5 Formula | | |
| + 1,4058350733401 * H6 Formula | | |

Y2: Expansión [cm²] =

| | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| 3,3014933525805 | | |
| + -3,0562798532466 * H1 Formula | | |
| + -0,5853988697204 * H2 Formula | | |
| + -2,1634459954967 * H3 Formula | * 2,45266085150908 | + 3,44044444444444 |
| + -1,7113233919627 * H4 Formula | | |
| + -0,6372699276944 * H5 Formula | | |
| + 3,14237435492909 * H6 Formula | | |

En lo siguiente se muestra las H1 Formulas de cada modelo, donde Squish (z) o Logística (z) es: $\frac{1}{1 + e^{-z}}$, donde z es la variable xi.

H1 Formula
=

| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| | 0,22514441079481 |
| + 1,35757687565357 * | $\frac{[X1 - 90]}{18,7194114126583}$ |
| + -0,8546002498794 * | $\frac{[X2 - 500]}{62,4125424457733}$ |
| + 1,37493167021655 * | $\frac{[X3 - 75]}{3,12729915422238}$ |
| + 1,4257162711774 * | $\frac{[X4 - 6]}{1,24775434645242}$ |

H2 Formula =

| | |
|--------|--|
| Squish | 1,58098770730182 |
| | + 0,24254925943 * $\frac{[X1 - 90]}{18,7194114126583}$ |
| | + -2,4621271150063 * $\frac{[X2 - 500]}{62,4125424457733}$ |
| | + 0,30189852082665 * $\frac{[X3 - 75]}{3,12729915422238}$ |
| | + -0,7222408333732 * $\frac{[X4 - 6]}{1,24775434645242}$ |

H3 Formula =

| | |
|--------|--|
| Squish | 1,16241590087976 |
| | + -1,0020472621712 * $\frac{[X1 - 90]}{18,7194114126583}$ |
| | + 1,86562688103173 * $\frac{[X2 - 500]}{62,4125424457733}$ |
| | + 0,77994312051172 * $\frac{[X3 - 75]}{3,12729915422238}$ |
| | + -0,1679656773204 * $\frac{[X4 - 6]}{1,24775434645242}$ |

H4 Formula =

| | |
|--------|--|
| Squish | -0,2821324722365 |
| | + 1,08647102462487 * $\frac{[X1 - 90]}{18,7194114126583}$ |
| | + 0,13046536087846 * $\frac{[X2 - 500]}{62,4125424457733}$ |
| | + -0,8865620543449 * $\frac{[X3 - 75]}{3,12729915422238}$ |
| | + -2,0655443757767 * $\frac{[X4 - 6]}{1,24775434645242}$ |

H5 Formula =

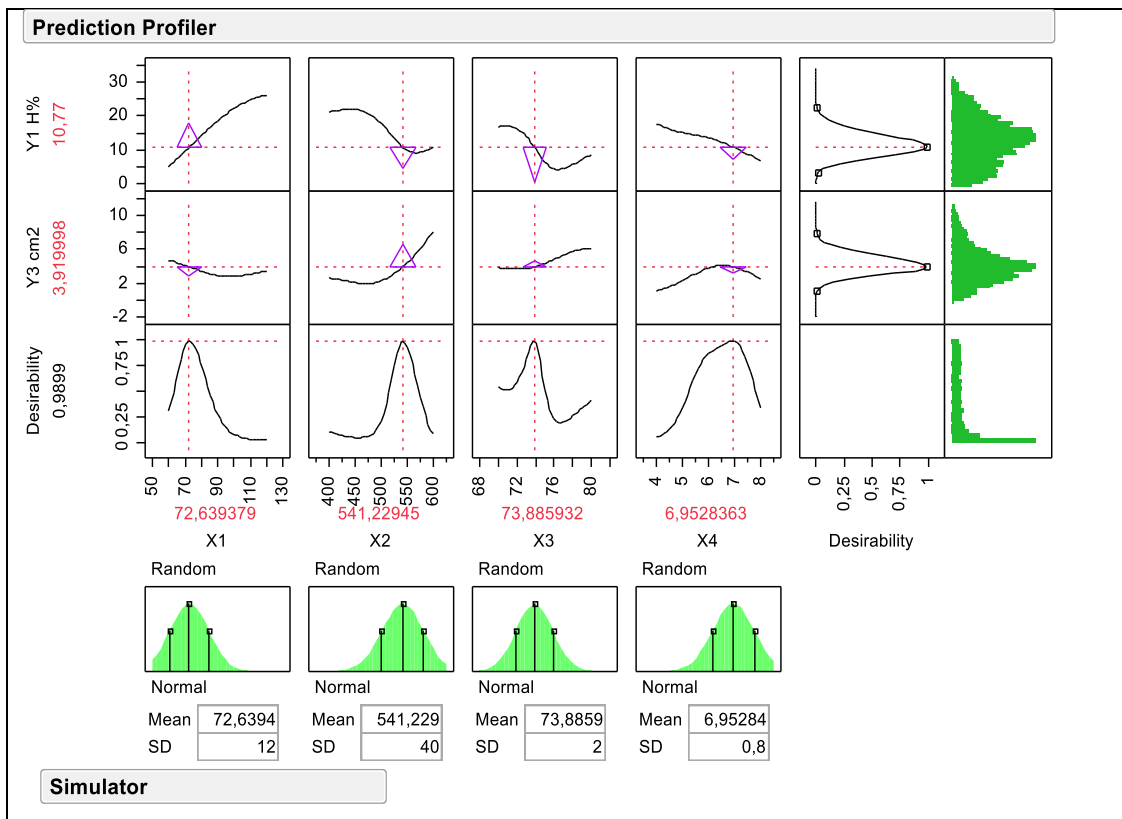
| | |
|--------|--|
| Squish | 0,4432381919607 |
| | + 1,04332551350438 * $\frac{[X1 - 90]}{18,7194114126583}$ |
| | + 0,16997358325105 * $\frac{[X2 - 500]}{62,4125424457733}$ |
| | + -2,8396813544463 * $\frac{[X3 - 75]}{3,12729915422238}$ |
| | + -0,3895012967497 * $\frac{[X4 - 6]}{1,24775434645242}$ |

H6 Formula =

$$\begin{aligned}
 & -1,3951038684471 \\
 & + 1,35709658684746 * \frac{[X1 - 90]}{18,7194114126583} \\
 & + 2,16155337596022 * \frac{[X2 - 500]}{62,4125424457733} \\
 & + 1,98852670500819 * \frac{[X3 - 75]}{3,12729915422238} \\
 & + 0,1384297352591 * \frac{[X4 - 6]}{1,24775434645242}
 \end{aligned}$$

En la siguiente figura se muestra el perfil de optimización de la optimización con el metamodelo de red neuronal artificial.

Figura 12 Perfil de optimización de la optimización con el metamodelo de red neuronal artificial.



Los resultados mostrados con ambas modelación y optimización vía simulación, dan los mismos resultados.

IV.6. Análisis sensorial mediante el modelo y funciones de transferencia obtenidas a través de la función MATLAB

La figura13. Muestra la estructura de un sistema lógico difuso empleado para representar el análisis sensorial del pellet elaborado a partir de piel de cerdo.

Figura 13. Estructura Difusa tipo Mandani

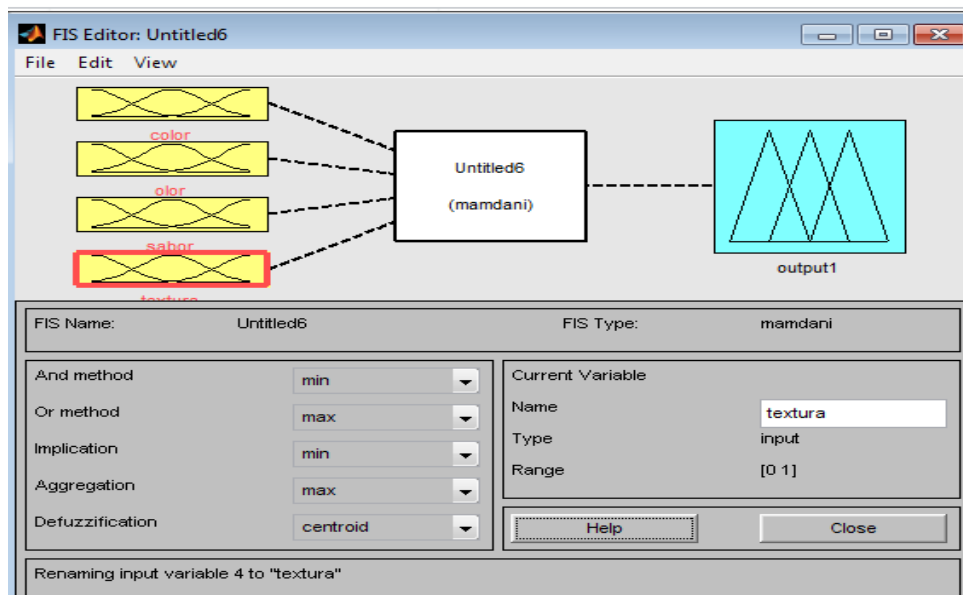
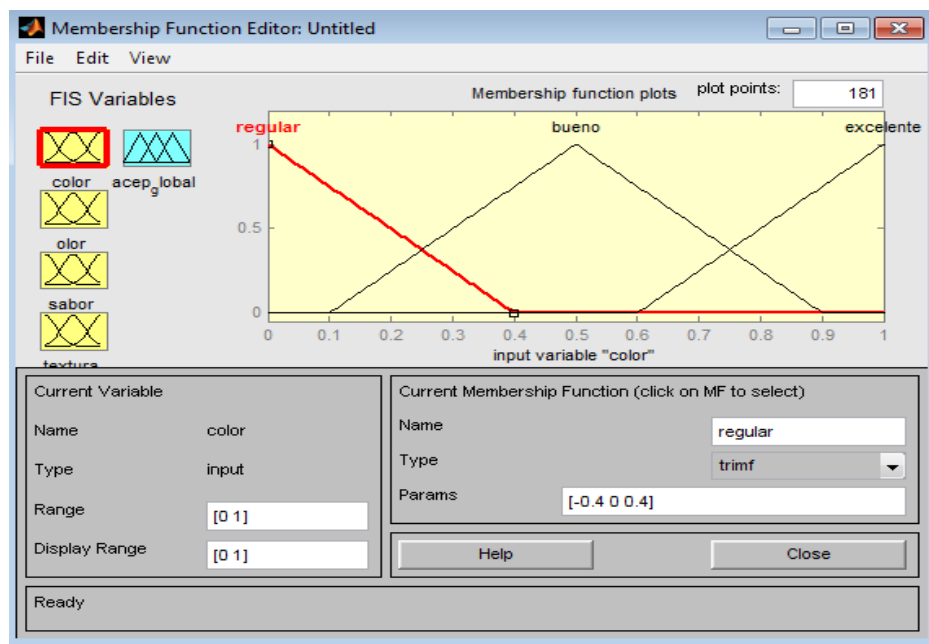


Figura 14. Estructura Difusa tipo Mandani



En la figura 14 se observan las funciones de membresía utilizadas para el atributo de entrada color. Ellas representan la escala a través de la cual el consumidor valora el grado de satisfacción general que le produce el color del pellet de piel de cerdo freído utilizando como niveles regular, bueno y excelente en la acción del control del proceso.

En las figuras de la numero 15 a la 19, se observan las reglas difusas utilizadas por el sistema para establecer las comparaciones e identificar el nivel de influencia de cada atributo en la aceptación global del pellet elaborado a partir de piel de cerdo.

Figura 15. Reglas difusas del sistema

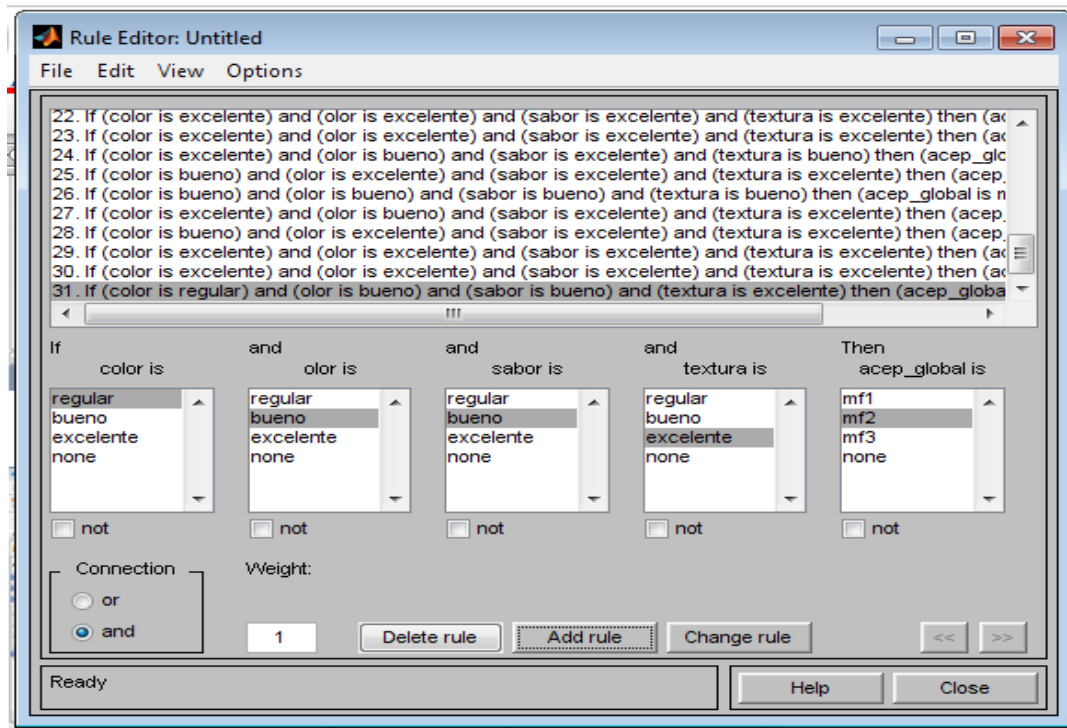


Figura 16. Reglas difusas que identifican el atributo color

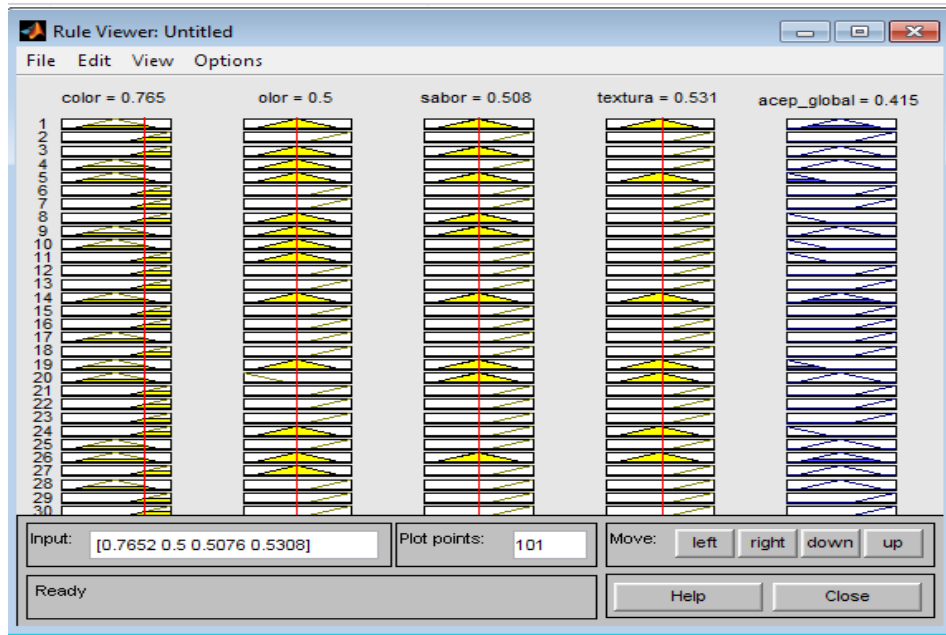


Figura 17. Reglas difusas que identifican el atributo olor

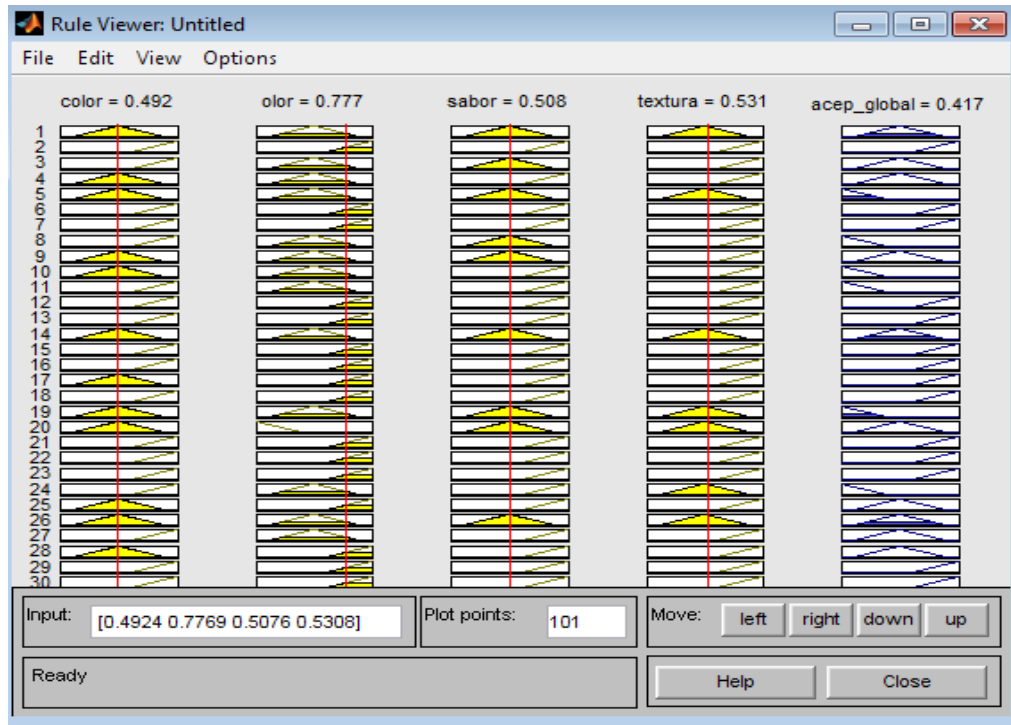


Figura 18. Reglas difusas que identifican el atributo sabor

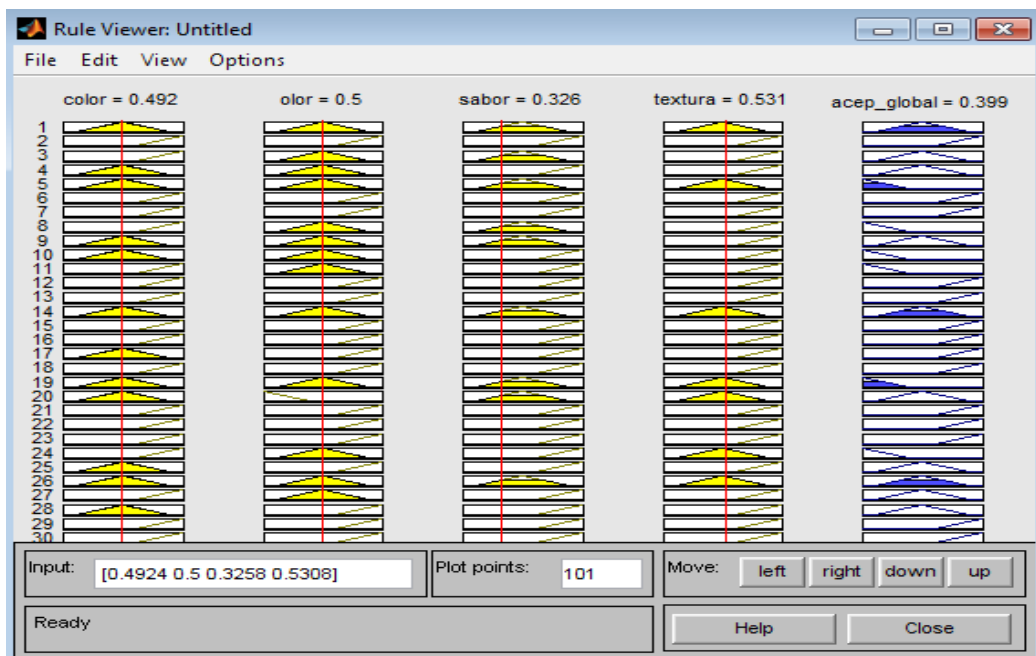
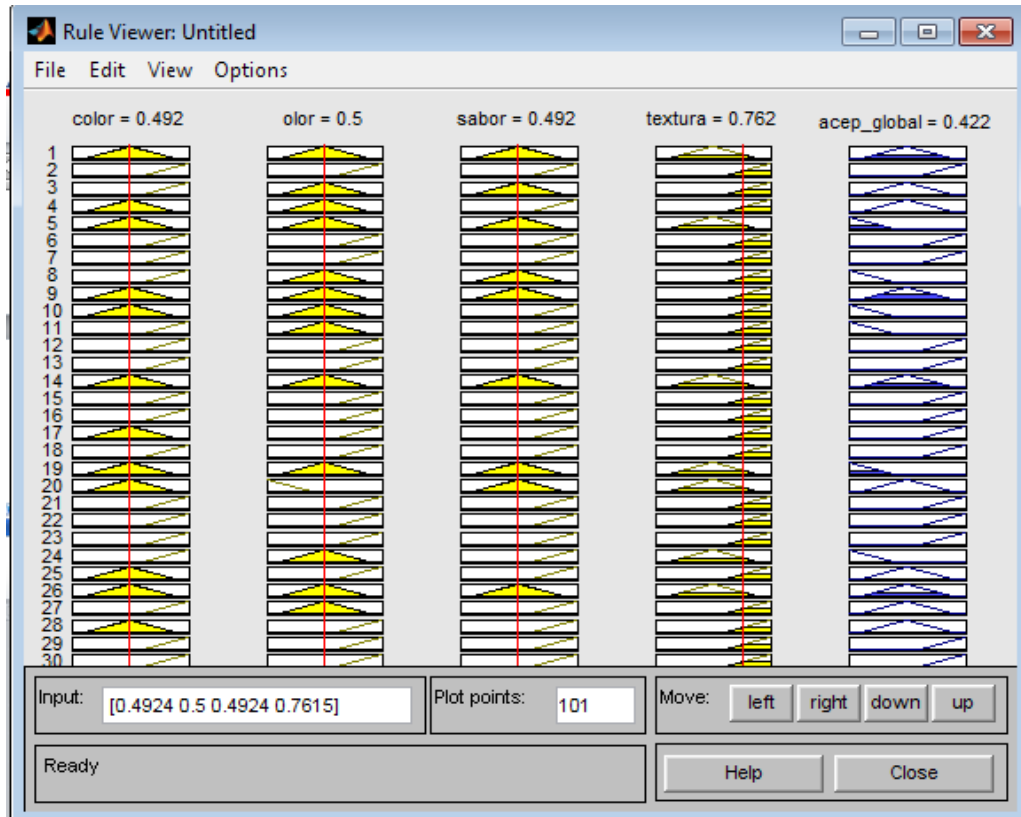


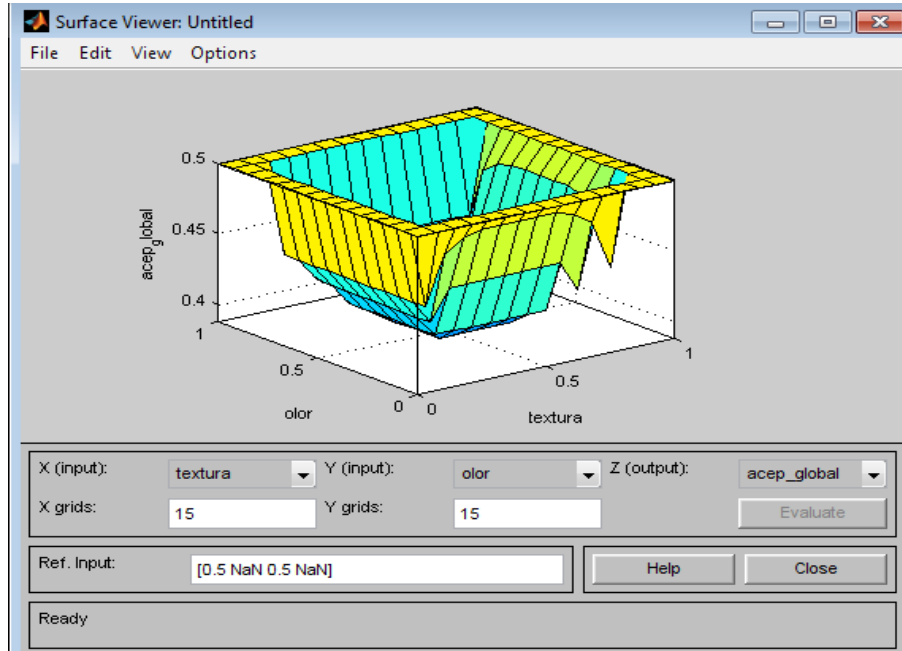
Figura 19. Reglas difusas que identifican el atributo textura



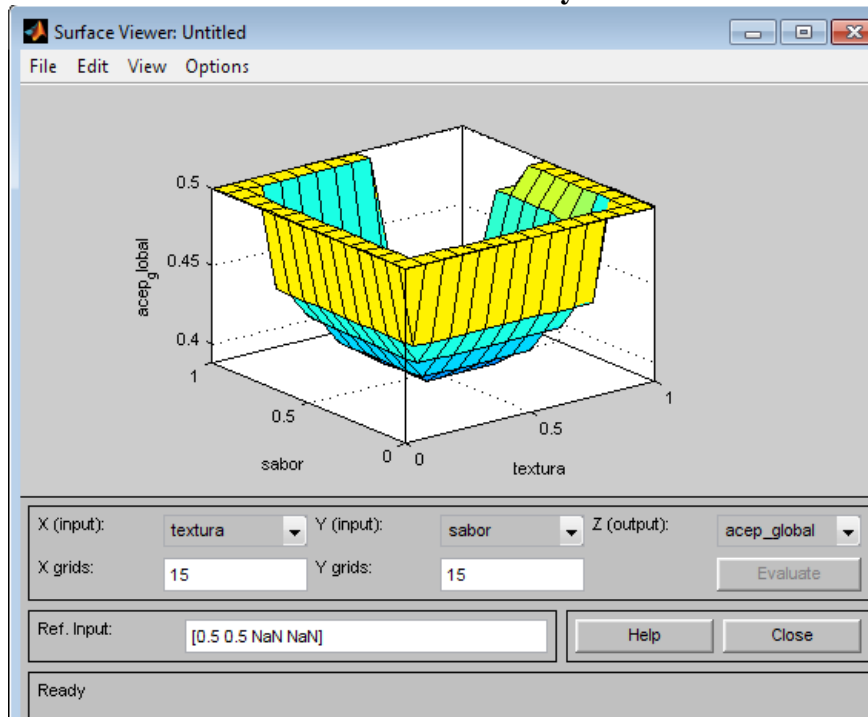
En la figura 19 se puede observar de forma clara que la textura representa el atributo de mayor importancia al momento de evaluar el nivel de aceptación por parte de los consumidores de los pellet de piel de cerdo freídos, esto indica que los cambios que se producen en las proteínas, grasas y carbohidratos se asocian a la textura crujiente.

En la figura 20 y 21 se muestran las superficies de acción de control del análisis sensorial como herramienta para la identificación, medida científica, análisis e interpretación de las respuestas a los pellet de piel de cerdo freídos percibidas a través de los sentidos del gusto, vista y olfato.

**Figura 20. Superficie de acción de control del sistema
Para el atributo textura y olor**



**Figura 21. Superficie de acción de control del sistema
Para el atributo textura y sabor**



CONCLUSIONES

Luego de los resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo de grado se han establecido las siguientes conclusiones:

- ◁ La piel de cerdo para la elaboración de los pellets, fue recibida tallada libre de grasa lista para realizar los cortes con las dimensiones específicas dadas por la empresa PepsiCo C.A, fue distribuida por un aliado comercial de esta empresa, presentó un olor característico a carne de cerdo, de color rosado claro, no presentó zonas amarillas ni marrones, demostrando su frescura. Mientras que en sus características químicas presentó un alto porcentaje de humedad y proteínas, por lo que es sensible a ataques de microorganismos que pueden ocasionar su putrefacción en poco tiempo, no presentó presencia de microorganismos por lo que estuvo apta para su procesamiento. En esta etapa de la investigación se tomaron los estándares aportados por PepsiCo C.A, debido a que el producto será distribuido y comercializado por la misma.
- ◁ Las características físicas, químicas y microbiológicas, permitieron verificar el grado de frescura de la piel de cerdo, a fin de ejercer un mayor control en la recepción de la materia prima y asegurar que el producto final sea apto para el consumo humano y que cumpla con los requerimientos nutricionales propios de un producto tipo snack.
- ◁ Se demostró a través del uso del software JMP 8 del programa SAS análisis SCREENING que es posible la máxima verosimilitud para el ajuste de los coeficientes de regresión del modelo lineal aditivo de alto orden.
- ◁ La variabilidad de las respuestas Humedad, Acidez iónica y Expansión en el pellet a partir de piel de cerdo se logró ajustar al modelo poblacional en función de los factores experimentales (Tiempo de evaporación, Presión de vacío, Temperatura en el túnel de secado, Tiempo en el túnel de secado) a

través del hipercubo latino garantizando la maximización de la distancia mínima entre los puntos de diseño, imitando de esta manera la distribución uniforme y demostrando que son más económicos y más versátiles en ajustar que casi cualquier modelo, además no requerir repeticiones para construir modelos matemáticos sustitutos.

- ◁ La exploración vía simulación de las condiciones operativas del proceso de producción industrial de un producto tipo pellet, a partir de piel de cerdo demostró que la muestra que con las mejores condiciones experimentales fue la de X_1 : 78,20 min; X_2 : 573,08 mmHg; X_3 : 78,53 °C y X_4 : 6,58 hr, donde se obtuvo un pellet de tocino, con alrededor de 4 % de humedad y con una expansión de alrededor de 10cm para las condiciones de freído, con una temperatura del aceite vegetal de 180°C aproximadamente, por un tiempo de freído de 1-1.5 minutos.
- ◁ Mediante los análisis físicos, químicos y microbiológicos del pellets a partir de la piel de cerdo, se observó que el color presentaba un tono ámbar y una apariencia dura, uniforme y seca, se identificó que el olor era el característico de la especie y la ausencia de olores extraños. En cuanto a su tamaño evidencio una disminución entre 2x1cm y 2x2cm, mientras que la caracterización química y microbiológica del pellets realizada aplicando los métodos descritos en las normas COVENIN para elaboración de productos cárnicos, arrojó en el pellets un pH con rangos entre 6,3 y 6,48; cenizas un total de 5,50%, proteínas 30% y el análisis microbiológico se enmarco dentro de los rangos establecidos en las normas, indicando que el producto esta optimo, inocuo y apto para el consumo humano.
- ◁ El modelo y funciones de membresía diseñadas en el software MATLAB toolbox lógica difusa contienen la descripción del proceso sensorial bajo los atributos de estudio color, olor, sabor y textura de un producto tipo pellet a partir de piel de cerdo logrando ajustarse con un grado de exactitud elevado y demostrando que la textura representa el atributo de mayor importancia al

momento de evaluar el nivel de aceptación por parte de los consumidores de los pellet de piel de cerdo freídos, esto indica que los cambios que se producen en las proteínas, grasas y carbohidratos se asocian a la textura crujiente.

RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos de investigación sobre los pellet a partir de la piel de cerdo y el desarrollo de otras innovaciones beneficiosos para la salud, se proponen las siguientes recomendaciones:

- ◁ Compra de un cuarto frío, que tenga la capacidad suficiente para almacenar materia prima, subproductos como tocino y carne, con espacio para la recirculación de aire y no propicie contaminación cruzada.
- ◁ Implementar el plan de mejoramiento para las Buenas Prácticas de Manufactura, y continuar con la línea de calidad, para que el producto final sea inocuo y genere más demanda en el mercado.
- ◁ Amplificar un antioxidante natural que evite la rancidez del producto y además confiere propiedades nutricionales al alimento.
- ◁ Crear innovaciones en el producto para obtener interés por parte de nuevos cliente, esto podría ser añadiendo saborizantes específicos en el proceso o acompañado de combinaciones en el producto.
- ◁ Continuar con esta investigación, hasta obtener tecnologías y procesos que minimicen los gastos y el tiempo de mano de obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- < Alfino y Huemex, 2009. Empresas Productoras de Pellet, <http://huemex.com.mx/Productos>, htm (Marzo, 2009)
- < Q e m g t o c p = " J " { " J c p u g p = " E . " * 3 ; ; 6 + . " ñ K p f v origen animal. Editorial acribia; S.A. Zaragoza-España; PP 4610
- < Hassan S y Moreno A. Estandarización del proceso de producción de piel deshidratada de cerdo (pellet) en la empresa productos Porky's. Bogota D.C. Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería de Alimentos.
- < Perez L; Lara D; Romo E; Guerrero N; Perez L, Desarrollo de un producto v k r q " ñ e j k e j c t t » p ö " c " d c u g " f g " v k n c r k c " microondas: análisis de textura. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Departamento de Tecnología de Alimentos. México 2013.
- < Avila H. Proyecto investigación pellet y snack de piel de cerdo, pollo y pescado. UNELLEZ - Brazil: pé facão. 2012
- < Garcia. A y Carvajal. N. Comercialización de la línea de chicharrones doraditos con sabores y omega 3 en la localidad de kennedy y fontibón de la ciudad de Bogotá. Universidad ean facultad de posgrados gerencia del servicio Bogota (2012)

Anexos



EVAPORADOR AL VACIO





PELLETS A PARTIR DE LA PIEL DE CERDO



ESTUFA DE VACIO



BALANZA ANALÍTICA



