

24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBA DE UN AHUMADOR
DE CARNE A NIVEL LABORATORIO, PARA SU
UTILIZACIÓN EN EL LABORATORIO EXPERIMENTAL
MULTIDISCIPLINARIO V- ALIMENTOS”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
ELIZABETH VARGAS MORALES

ASESOR: I. Q. ALVARO LEO RAMIREZ (+)
COASESORA: M. en C. MA. ELENA VARGAS UGALDE



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIDAD NACIONAL
AVIACION
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos:

La tesis: Diseño, construcción y prueba de un ahumador de carne a nivel laboratorio,
para su utilización en el laboratorio experimental multidisciplinario V - Alimentos.

que presenta la pasante: Elizabeth Vargas Morales
con número de cuenta: 8902066-9 para obtener el título de:
Ingeniera en Alimentos.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 28 de MARZO de 2001.

PRESIDENTE	<u>M. en C. Ma. Elena Vargas Ugalde</u>	
VOCAL	<u>I.O. Oscar German Ibarra.</u>	
SECRETARIO	<u>Dr. José L. Arjona Roman.</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>I.A. Laura M. Cortazar Figueroa.</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I.O. Ma. Elena Quiroz Macías.</u>	

DOY MI MÁXIMO PROFUNDO AGRADECIMIENTO A TODAS LAS PERSONAS QUE ME AYUDARON A REALIZAR MI CARRERA Y A ELABORAR LA PRESENTE TESIS Y MUY EN ESPECIAL A

GRACIAS A DIOS POR QUE ME HA DADO TODO

A MI MADRE: MA DE JESUS, PORQUE GRACIAS A SUS DESVELOS Y SACRIFICIOS HOY VEO TERMINADA UNA DE MIS METAS. GRACIAS POR SU APOYO, COMPRENSIÓN Y VALIOSOS CONSEJOS.

A MI PADRE: POR TODO LO QUE ME HA DADO.

A MIS HERMANOS MARTHA, ALFREDO Y DIEGO POR TODO SU APOYO Y CONSEJOS GRACIAS

A MIS SOBRINOS: YAEL, AXEL, ANTOBELY Y SHANELLY, PARA QUE ESTA TESIS SEA UN ESTIMULO PARA ELLOS.

A ALVARO GRACIAS POR TODO TU APOYO Y POR EL AHÍNCO CON QUE ME ALIENTAS SIEMPRE A SEGUIR ADELANTE Y ALCANZAR MIS METAS.

AL ING ALVARO LEO RAMIREZ POR SU GENTIL DIRECCION Y GRAN DISPOSICION PARA
ASESORARME, Y POR SUS VALIOSOS CONSEJOS QUE SIEMPRE FUERON ACERTADOS

GRACIAS INGENIERO



A M. EN C. MA. ELENA VARGAS UGALDE UN SINCERO AGRADECIMIENTO POR SU
PROFESIONALISMO, SABIDURIA, PACIENCIA Y POR EL TIEMPO FACILITADO PARA LA
CULMINACION DE ESTA TESIS.

A MIS AMIGAS (OS), Y COMPAÑEROS DE LA FACULTAD: NORMA, ANA, GUADALUPE, JESUS,
GABRIEL, EVELIA

A LOS SINODALES POR SUS VALIOSOS COMENTARIOS PARA CORREGIR LA TESIS

I N D I C E

Simbología.	V
Resumen.	1
Introducción.	3
Objetivos.	6
CAPITULO I. Generalidades	
1.1 Tecnología de aplicación del humo	7
1.1.1 Ahumado tradicional	8
1.1.2 Aplicación de humo líquido.	10
1.1.3 Tecnología de la producción del humo.	12
1.1.3.1 Generadores de humo a nivel laboratorio.	13
1.1.3.2 Generadores de humo a nivel industrial.	16
1.2 Composición del humo.	23
1.2.1 Composición y pirólisis de la madera	23
1.2.2 Composición del humo.	25
1.2.2.1 Características físicas del humo	25
1.2.2.2 Compuestos fenolicos.	26
1.2.2.3 Compuestos carbonilos	26
1.2.2.4 Compuestos hidrocarburos aromáticos policíclicos.	27
1.2.2.5 Compuestos ácidos.	28
1.2.2.6 Otros compuestos.	28
1.2.3 Factores que influyen en la composición del humo.	28
1.2.3.1 Influencia de la naturaleza de la madera.	29
1.2.3.2 Influencia del contenido de humedad de la madera.	29
1.2.3.3 Influencia de la temperatura de combustión.	29
1.2.3.4 Influencia del flujo de aire.	30
1.2.3.5 Influencia de la temperatura y HR de la cámara.	30
1.2.3.6 Influencia de la tecnología seleccionada.	31
1.3 Procesos de elaboración de productos cárnicos ahumados	31
1.4 Efectos deseables e indeseables de los compuestos del humo sobre los productos finales.	32
1.4.1 Sabor de los productos ahumados	32

1.4.2 Color de los productos ahumados.	33
1.4.3 Efecto de conservación del humo sobre los productos ahumados.	33
1.4.4 Contaminación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos..	35
1.4.5 Degradación de aminoácidos.....	36

CAPITULO II Diseño metodológico.

2. Descripción del cuadro metodológico.	38
2.1 Diseño y construcción.	40
2.1.1 Diseño del equipo.	41
2.1.1.1 Calculo de número de resistencias a instalar.	41
2.1.1.2 Calculo de la potencia necesaria del ventilador.	42
2.1.1.3 Calculo de espesor de aislante.	42
2.1.2 Construcción del equipo.	42
2.2 Caracterización física y experimental.	43
2.3 Desarrollo metodológico.....	44
2.3.1 Hipótesis	44
2.3.2 Identificación de variables.	44
2.3.3 Desarrollo experimental.	45
2.3.3.1Técnica para determinación de fenoles.	45
2.3.3.2 Medición de color.	47
2.3.3.3 Determinación de humedad.	50

CAPITULO III Análisis de resultados.

3.1 Análisis de resultados... ..	51
3.1 Diseño y construcción.	51
3.1.1 Diseño del equipo.	51
3.1.1.1 Calculo de número de resistencias a instalar.	51
3.1.1.2 Calculo de la potencia necesaria del ventilador.	53
3.1.1.3 Calculo de espesor de aislante	54
3.1.2 Construcción del equipo.	55
3.1.2.1 Construcción de la cámara de ahumado ..	55
3.1.2.2 Construcción del generador de humo.	56
3.1.2.3 Instrumentación y accesorios del equipo.	57

3.2 Caracterización física y experimental.	58
3.2.1 Caracterización física.	58
3.2.2 Caracterización experimental del equipo.	60
3.2.3 Manual de operación.	61
3.2.3.1 Condiciones de operación.	61
3.3 Prueba del equipo.....	62
3.3.1 Determinación de la concentración de fenoles.	63
3.3.2 Medición de color.	64
3.3.3 Determinación de humedad.	65
3.4 Propuesta de aplicación en LEM V Alimentos.....	66
4. Conclusiones.	67
7. Anexos	
7.1 Anexo 1 Procesos de elaboración de productos carnicos ahumados..	69
7.2 Anexo 2 Descripción del diagrama L a b	78
8. Bibliografía.....	79

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

1. Clasificación de los métodos de ahumado.....	4
2. Clasificación con base en la aplicación del humo.....	8
3. Clasificación de ahumadores de acuerdo a su uso.....	12
4. Influencia del contenido de humedad sobre la composición química y propiedades sensoriales.....	29
5. Influencia de la temperatura de combustión sobre la composición química del humo.....	30
6. Efectos deseables e indeseables en los productos ahumados.....	32
7. Relación del contenido de benzopireno y el color en productos ahumados	36
8. Cuadro metodológico.....	39
9. Variables a manejar.....	44
10. Velocidad con respecto a % de reostato.....	60
11. Aumento de la temperatura.....	60
12. Comparación del contenido de fenoles a diferente contenido de humedad de la madera.....	63
13. Comparación del contenido de compuestos fenolicos en el producto en un producto comercial y el experimental.....	63
14. Comparación de luminosidad, croma, y tono de los productos ahumados.....	64
15. Comparación del contenido de humedad en productos ahumados.....	65

FIGURAS.

1. Generador de humo por carbonización.....	15
2. Generador de humo Thot.....	16
3. Generador de humo convencional o por ardido.....	17
4. Generador de humo por fricción.....	18
5. Generador de humo por vapor.....	19
6. Generador de humo fluido.....	20
7. Generador con calor integrado.....	21
8. Generador electrostático.....	22
9. Interior de la cámara de ahumado.....	55
10. Carcaza para instalación de resistencias.....	55
11. Cámara de ahumado.....	56
12. Generador de humo.....	57
13. Diagrama isométrico del equipo.....	59
14. Diagrama del espacio de colores L a b.....	78

SIMBOLOGIA

SIMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADES
A	Área de circulación de aire.	m ²
Cs	Calor específico del aire	J / kg a.s. ° C
G ₁ , G ₂	Gasto másico de aire a la entrada y salida del calentador.	Kg. a.s. /s
Gr	No. de Grashof	Adimensional.
H ₁ , H ₂	Humedad absoluta del aire a la entrada y a la salida del calentador.	Kg agua /Kg a.s.
H ₁ , H ₂	Entalpía del aire a la entrada y a la salida del calentador.	J/kg vapor
HR	Humedad relativa del aire.	%
h _{int} , ext	Coefficiente convectivo de transferencia de calor interior y exterior	w/ m ² ° C
Hp	Potencia del ventilador.	Hp.
I	Intensidad de corriente	amp.
k	Conductividad térmica	W/m ° C
Nu	No. de Nusselt.	Adimensional
Pr	No. de Prandlt	Adimensional
Ra	No. de Raleigh	Adimensional
Re	No. de Reynolds	Adimensional.
Te ₁ , Ts ₂	Temperatura del aire a la entrada y a la salida del calentador.	° C
T ₀	Temperatura de referencia	° C
Q	Calor	W
U	Coefficiente global de transferencia de calor.	W/m ² ° C
V	Flujo volumétrico del aire.	m ³ /s
VH	Volumen húmedo del aire	m ³ /kg a.s.
x	Espesor de lamina	m
ΔP	Caída de presión.	In H ₂ O
ΔT	Diferencial de temperatura.	° C
η	Eficiencia del ventilador	%
λ ₀		J/Kg vapor
v	Velocidad del aire	m/s
v	Voltaje	Volts
θ	Tiempo.	s

R E S U M E N

En el presente trabajo se diseñó, construyó y probó el funcionamiento de un equipo ahumador, que será utilizado como equipo didáctico en el Laboratorio Experimental Multidisciplinario V - Alimentos. Se realizó una investigación previa para posteriormente desarrollar el diseño del equipo y construirlo, la tecnología seleccionada corresponde a un ahumador eléctrico con calor integrado debido a que este posee los dispositivos de medición necesarios para el desarrollo de dichos proyectos.

Se realizó un balance de materia y energía en el calentador para conocer la cantidad de calor a suministrar a la mezcla aire humo y de esta manera calcular las resistencias a instalar.

El cálculo de la potencia del ventilador se realizó a partir del flujo másico de aire determinado por los balances y considerando a la cámara como un secador de charoñas pequeño.

El espesor de aislante se calculó, a partir del coeficiente global de transferencia de calor considerando convección natural en el exterior, y convección forzada en el interior, y el posterior cálculo de las pérdidas de calor, se instaló un espesor de aislante (lana de fibra de vidrio) de 5 cm, las pérdidas disminuyen en un 90%.

En la construcción del equipo se consideró la capacidad de carga (500 g de muestra), por lo que las dimensiones de la cámara en el interior son de 40 x 40 cm. Se utilizó acero inoxidable en el interior para facilitar su limpieza, el exterior y el generador de humo de acero galvanizado.

Se realizó una caracterización física y experimental para determinar condiciones de operación y realizar el manual de operación; posteriormente se probó el funcionamiento del equipo.

La prueba del equipo se realizó ahumando chuleta de cerdo cruda, con caoba de diferente contenido de humedad para evaluar la influencia que tiene esta sobre el contenido de compuestos fenólicos, la humedad y el color de los productos

ahumados. La determinación de compuestos fenolicos se realizo con la técnica volumétrica, la humedad se determinó en una termobalanza, finalmente se midió el color de los productos ahumados con un colorímetro para sólidos Minolta el cual reporta valores de luminosidad, croma y tono.

Se observo que la humedad de la madera influye en la cantidad de compuestos depositados en los productos ahumados al igual que en el color.

I N T R O D U C C I O N

El propósito de este trabajo fue el diseño, construcción y prueba de un equipo ahumador de alimentos para su utilización en los proyectos del Laboratorio Experimental Multidisciplinario V – Alimentos.

El ahumado de carnes ha sido aplicado en países industriales desde hace mucho tiempo, en las últimas décadas, se han desarrollado nuevos hornos con los cuales se tiene un mayor control sobre los parámetros de la operación. En México, particularmente en el norte del país, el ahumado de la carne de ave es muy popular siendo el de guajolote el más conocido. Actualmente solo una pequeña cantidad de productos cárnicos se preparan de esta manera. Esto no quiere decir que exista una falta de producción o menor preferencia por los productos ahumados, sino que únicamente refleja cambios en los métodos de ahumado. (Lee 1983, Owen 1986)

En el cuadro 1 se observan los diferentes métodos en función del producto que se desea ahumar.

EQUIPO	METODO	TEMPERATURA	MATERIAL	PRODUCTO
Cámaras y estantes de ahumado	Ahumado frío	12-18 °C	Viruta	Embutidos crudos, cocidos, o curados, quesos, téis
	Ahumado humedo	29 °C	Gas, viruta humedecida o con vapor de agua	Embutidos crudos
Torres y celdas de ahumado	Ahumado en caliente	50 °C	Viruta, leña o gas	Embutidos crudos y frescos.
	Ahumado muy caliente	80-100 °C	Viruta madera y/o gas	Embutidos escaldados y pescado

Cuadro 1 Clasificación de los métodos de ahumado. Ref: Ibanez 1995, Owen 1985

Por lo general el generador de humo esta separado de la cámara de ahumado, debido a que:

- 1.- La humedad relativa generada durante la operación, puede influenciar la producción de humo dentro de la misma cámara de ahumado.
- 2.- Durante la combustión de la madera hay formación de alquitrán y de hollín creando problemas higiénicos y de limpieza.

3.- Debe existir circulación de aire constante y control de la temperatura tanto en la cámara de ahumado como en el generador de humo (Degendré 1996, Hernández 1991).

Actualmente, en Alemania, se han desarrollado nuevos equipos ahumadores en donde el generador de humo, toma una gran importancia ya que aquí es donde se controla la producción de compuestos benéficos en el humo, para ello se instalan dispositivos que controlan la temperatura de combustión de la madera de tal manera que no llegue a generar flama. (Verfahren zur y Geregelter 1996)

En la producción del humo es muy importante evitar temperaturas de disgregación muy elevadas, ya que las temperaturas de pirólisis arriba de 350 °C son responsables de la formación de 3,4-benzopireno, al cual se le atribuyen propiedades carcinogenicas y a temperaturas inferiores a 300 °C aumenta considerablemente una roma indeseable en el humo, por lo que es necesario controlar la temperatura en un intervalo de 300-350 °C (Hernández 1991)

Se han reportado 390 compuestos diferentes detectados en el humo, pero se estima que estos no son mas que una parte de los muchos más que en realidad existen, considerando que los más importantes son los que contienen en su molécula a los grupos fenoles, carbonilos, ácidos, alcoholes, esterés láctonas, e hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) siendo los fenoles y los HAP los únicos compuestos cuyos espectros han sido completados. (Toth 1984)

Los fenoles presentes en el humo contribuyen a desarrollar el sabor típico a humo en los productos ahumados, se ha observado que la concentración de fenoles aumenta con el tiempo de exposición al humo, el efecto antioxidante aparece después de que los compuestos fenólicos son absorbidos, éstos llegan a la máxima concentración en la primera etapa de ahumado. La cantidad de fenoles presentes en el humo es función de la temperatura de generación del humo y de la humedad de la madera, entre otros factores; estos compuestos son analizados por cromatografía de gases, espectrofotometría UV-VIS, cromatografía acoplada espectrometría de masas (CG/EM), cromatografía de líquidos, a alta presión (HPLC), o bien por análisis titulométrico. Para el

presente estudio se empleará el análisis tituimétrico ya que no se cuenta con un cromatografo de gases disponible para el estudio. (Galvez 1996)

JUSTIFICACION:

Debido a que en el ahumado tiene lugar la transferencia de masa de compuestos fenolicos del humo hacia el producto y de humedad del producto hacia el humo, y en el Laboratorio Experimental Multidisciplinario V - Alimentos (LEM V – Alimentos) se estudian las operaciones de transferencia de masa; es por ello que se pretende diseñar, contruir y probar un equipo para ahumado de carnes, el cual pueda ser posteriormente utilizado en el laboratorio para estudiar la transferencia de masa. En este equipo se podrán estudiar las variables de temperatura de ahumado, humedad relativa de la cámara, velocidad de la mezcla aire-humo y temperatura de generación de humo; y evaluar el efecto que tienen sobre la cantidad de compuestos fenolicos depositados en el producto, humedad y color del mismo.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar y construir un equipo ahumador a partir del conocimiento de los factores que intervienen en el proceso y realizar una prueba de las condiciones de operación del mismo, para el análisis de la deposición de compuestos fenólicos en el ahumado de carne (chuleta de cerdo).

Objetivo Particular 1

Diseñar y construir un equipo ahumador de alimentos, que opere bajo diferentes condiciones de temperatura, y humedad relativa, que sea aplicable a diversos productos; contemplando así su utilización para el estudio de la transferencia de masa en el Laboratorio Experimental Multidisciplinario V-Alimentos.

Objetivo Particular 2

Prueba del equipo, durante el ahumado de chuleta de cerdo, empleando madera de diferente cantidad de humedad y verificar el efecto de este, en el color, la concentración de fenoles y la pérdida de humedad en el producto.

HIPOTESIS

La concentración de fenoles en el producto depende del contenido de humedad de la madera empleada

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

Durante el ahumado se desea que en el menor tiempo posible se logre la absorción adecuada de los compuestos del humo para que todos los productos cárnicos se ahumen homogéneamente, además el método utilizado para tal efecto debe ser reproducible, considerando bajo que condiciones se utiliza tanto el generador de humo como la cámara de ahumado

1.1 TECNOLOGÍA DE APLICACION DEL HUMO

Actualmente, el generador de humo y el ahumador se construyen separados por las siguientes razones:

1.- En un equipo ahumador utilizado tanto para la producción de humo como para elaborar productos cárnicos con altos y bajos contenidos de humedad en la misma instalación; la humedad relativa derivada durante el procesamiento puede influenciar la producción del humo dentro de la misma cámara de ahumado, debido a que a humedades relativas altas la combustión de la madera no se realiza totalmente, por otro lado, si se disminuye la humedad relativa el producto pierde humedad y hay formación de una capa dura en la superficie del producto lo cual impide la absorción de los compuestos del humo.

2.- Durante la combustión de la madera hay formación de productos tóxicos como el alquitrán y hollín, creando problemas higiénicos y de limpieza.

3.- El equipo tradicional sin modificaciones opera con poca circulación de aire; en tanto que las cámaras actuales emplean circulación de aire constante y en algunas ocasiones, manteniendo constante la temperatura. (Girard,1991)

Es necesario acondicionar el producto a ahumar, antes de ser sometido a la acción del humo, debido a que la mayoría de los productos cárnicos que se

ahuman están húmedos y fríos, por lo que para tener un producto con calidad aceptable es necesario considerar lo siguiente.

1.- Un mismo lote de producto no tiene siempre la misma temperatura y contenido de humedad en la superficie, después de someterlo a un preacondicionamiento, el producto se seca y cambia de temperatura.

2.- Para tener un lote de peso homogéneo, deben tener todas las piezas el mismo contenido de humedad en la superficie.

Cuando el acondicionamiento ha progresado el producto se encuentra en condiciones optimas para ser ahumado, debiendo estar la superficie húmeda pero no mojada (Heinz 1980)

En el cuadro 2, se mencionan los diferentes tipos de ahumado considerando la aplicación de humo líquido y ahumado tradicional; a continuación se describe cada uno de estos.

Tradicionales	Caliente	
	Frio	Húmedo Seco
Tratamiento con humo líquido	Interno	Inyección de salmuera Adición a la mezcla
	Externo	Masajeo Atomización
	inmersión	

Cuadro 2. Clasificación en base a la aplicación del humo. Ref. Girard, 1991

1.1.1 AHUMADO TRADICIONAL

El viejo método en el cuarto de ahumado es el de crear un fuego con madera en el fondo del ahumadero. Esto produce el calor y el humo al que se somete

la carne que está colgada en el ahumadero, frecuentemente al fuego se le espolvorea aserrín para aumentar el volumen del humo.

Sin embargo debido a la necesidad de una distribución uniforme de calor y de un volumen de humo más controlado, fue necesario implementar quemadores de carbón vegetal y serpentines de vapor, el aserrín se rocía por medio de corrientes de aire controladas, y/o aplicación de gas. (Brandly, 1975)

Actualmente el humo generado en los quemadores se introducen a la cámara de humo donde se efectúan tres funciones: ahumado, cocido y secado. El ahumado se puede llevar a cabo en caliente o en frío.

a) Ahumado en caliente:

El ahumado en caliente se realiza entre los 50 y 80 °C y con una humedad relativa entre 35 y 70 %. Durante el ahumado en caliente, al mismo tiempo que se ahuma el producto se cuece. Normalmente se aplica para carnes y embutidos crudos frescos como la salchicha cruda ahumada, y en productos curados. En este tratamiento por medio de calor y humo se acelera el proceso de curación.

El ahumado en caliente se divide en tres etapas:

La primera etapa denominada enrojecimiento y secado, consiste en tratar los productos con calor de 50 a 60 °C para iniciar y acelerar la curación.

La segunda etapa, es la del ahumado mismo, aquí se aumenta la temperatura con lo cual se inicia el proceso de cocción (80°C).

La tercera etapa, consiste en la cocción, en ésta se efectúa la penetración de las partículas de humo condensado en los productos cárnicos. La humedad es un parámetro importante, debido a que esta rige la absorción y adsorción de los componentes del humo en la superficie y en la masa del producto. (Girard 1991)

b) Ahumado en frío

El ahumado en frío se realiza a temperaturas entre 15 y 25 °C, con una humedad relativa de 95% si es húmedo, y 65% si es seco. Es posible ahumar embutidos crudos, después de dos días de maduración, este producto debe secarse en toda su superficie, las superficies mojadas provocan una fuerte condensación del humo. La consecuencia de esta condensación es que el color rojizo no es estable, por lo que se pueden producir decoloraciones. El ahumado en frío y en seco es apropiado para eliminar los hongos, levaduras y bacterias que se forman especialmente durante el comienzo del proceso con alta humedad.

Los condensados de humo mantienen durante dos a tres semanas su efecto conservador y después la efectividad se pierde lentamente. El ahumado en frío para embutidos crudos se realiza durante 6 días en su primera fase de maduración, por lo general se ahuman diariamente de dos a tres veces una hora cada vez, en las instalaciones modernas de ahumado en frío se usan generadores de humo por fricción, en caliente o por vapor. Para la obtención de *humo frío*, se usa preferentemente aserrín o viruta de maderas duras. (Girard, 1991)

Se observó que las propiedades del Chorizo ahumado en frío y/o en caliente a humedades relativas (HR) altas o bajas cambian: cuando se ahuma en frío se incrementa la concentración de formaldehído y de compuestos fenólicos sobre la superficie y la pérdida de luminosidad es menor. La penetración de estos compuestos es mayor a temperaturas altas y baja HR (Radetic, 1996)

1.1.2 APLICACION DE HUMO LIQUIDO

El humo líquido es usado principalmente para impartir sabor al alimento, y se produce por la condensación de productos de la combustión de aserrín seco el cual se mantiene como una delgada capa a la cual se le hace pasar aire por medio de un barrido y llega a la zona de combustión, con este método se obtienen, niveles mas bajos de carbonización que usando otros

procedimientos tradicionales. (Sophianopoulos, 1988) La aplicación de humo líquido puede ser interna, externa o por inmersión

A) APLICACION INTERNA

a) Adición a la mezcla.

El humo líquido se adiciona directamente a la formulación en dosis variables, según la intensidad del gusto que se quiera aportar al producto final. Los productos elaborados con este método son productos picados y emulsionados, tales como salchicha, salchichones, longaniza y chorizo. (Baites 1983, Hernández 1991)

b) Inyección de salmuera

El humo líquido debe ser totalmente soluble en salmuera y no ocasionar liberación prematura de nitrito. La pérdida de nitrito ocurre al usar humos líquidos con alto contenido de ácidos orgánicos, que al reaccionar con el nitrito generan dióxido de nitrógeno. Se obtiene un sabor uniforme y deseable, se aplica a jamones y pechugas entre otros similares. La principal desventaja es que no proporciona color característico de un producto ahumado sobre la superficie, además de ser costoso. (Hernández 1991)

B) APLICACION EXTERNA

a) Atomización

Consiste en dispersar partículas de tamaño pequeño de humo líquido, en una cámara de ahumado por medio de aire a presión proveniente de un aplicador. La localización del atomizador en la cámara de ahumado es de gran importancia, ya que de no planearse esta situación, se podrá obstruir el atomizador o bien habrá depositación heterogénea del humo líquido dentro de la cámara de humo. La instalación del atomizador puede ser de manera vertical u horizontal. Se debe tener precaución de que la nube dispersada tenga una distribución homogénea en toda la cámara, la principal ventaja es

la eliminación de la acumulación de alquitrán y el color uniforme entre lote y lote. (Hernández 1991)

C) INMERSION

Esta forma de aplicación es menos eficiente y más costosa . El uso de mano de obra no calificada para el manejo repercute en un acabado no uniforme del producto y en desperdicio del humo líquido. Generalmente, la inmersión en soluciones de humo líquido se practica sólo por pequeñas empacadoras limitadas por la falta de capital. La concentración y temperatura de la solución de humo, así como el tiempo de contacto son factores claves que afectan la intensidad del color y sabor ahumados, pudiéndose aplicar a cualquier tipo de derivado cárnico.

Por otra parte el humo líquido puede ser un potente inhibidor de bacterias lácticas usadas para la elaboración de embutidos fermentados, retardando el crecimiento del inóculo. (Girard 1991)

1.1.3 TECNOLOGIA DE LA PRODUCCION DEL HUMO

Prácticamente todos los ahumadores actuales se basan en el principio de la circulación es decir; la pirólisis de la madera se efectúa en un compartimiento separado, denominado generador de humo, con ello se logra un control efectivo y el humo es aspirado y conducido a la cámara de ahumado donde circula con mayor velocidad, la cual regula la temperatura y humedad, para posteriormente eliminarse por la chimenea. Se debe poner especial interés en que la circulación sea homogénea para que el producto quede perfectamente ahumado.

En el cuadro 3 se enlistan los diferentes tipos de ahumadores que existen tanto a nivel laboratorio como a nivel industrial, enseguida se describe cada uno de estos.

	TRADICIONAL
	Dos etapas
Uso a nivel laboratorio	Por carbonización
	De Toth
	Convencional
	Por fricción
Uso a nivel industrial	Fluido
	Con calor integrado
	Electrostático

Cuadro 3 Clasificación de ahumadores de a cuerdo a su uso Ref IT , 1990

1.1.3.1 GENERADORES DE HUMO A NIVEL LABORATORIO

Se han desarrollado diversos tipos de ahumadores a nivel laboratorio, con la finalidad de mejorar esta operacion, en cuanto a las condiciones de operación, y tecnología, a continuación se presentan diversos equipos.

A) GENERADOR DE HUMO TRADICIONAL

El generador tradicional es un dispositivo que bien puede ser construido de mampostería o bien de metal; algunas veces se emplea lo que es un horno común y sobre de este se instala la cámara de ahumado donde se introduce la carne. Dentro de este dispositivo se adiciona el aserrín , que arde lentamente con la finalidad de producir humo pero no fuego. Estos equipos presentan serios problemas, ya que es difícil el control debido a que, el humo puede desviarse, o bien, el fuego puede avivarse inesperadamente, el secado es muy irregular, ya que el humo se satura con humedad después de pasar por los primeros niveles del producto a ahumar. (Sanz 1960)

B) GENERADOR EN DOS ETAPAS.

En la primera etapa, los cambios pirolíticos se inducen con nitrógeno o gas carbónico caliente a una temperatura de aproximadamente 250 a 550 °C que pasan a través del aserrín que entra en pirólisis. La segunda etapa consiste en enfriar y oxidar los productos de pirólisis mezclando oxígeno y aire caliente a

125 -130 °C con el humo generado, el oxígeno caliente acelera las reacciones de oxidación, condensación y polimerización de los compuestos del humo.

Las condiciones óptimas para obtener productos de buena calidad determinadas con éste método, se alcanzan cuando se tiene:

- ◇ Temperatura de combustión 400 °C.
- ◇ Flujo de nitrógeno 1500 l/h
- ◇ Temperatura de oxidación 200 °C

Este generador fue usado solamente como equipo de laboratorio para estudiar la temperatura óptima de pirólisis y de oxidación. (Hernández, 1991)

C) GENERADOR DE HUMO POR CARBONIZACION

Este generador se observa en la figura 1, consta de un gusano alimentador que tiene como función preparar el aserrín de madera. La tolva se carga con aserrín controladamente por medio de un agitador, el gusano alimentador transporta el aserrín a través de un generador de bronce, pasando por una zona de generación de humo en donde el aserrín se calienta por medio de elementos eléctricos contenidos en un manto de acero.

El humo se desaloja por medio de un escape. El gusano alimentador tiene una velocidad máxima de 3.1 r.p.m y se maneja a través de una banda dentada que a su vez se mueve por un motor de engranes; la temperatura se mide con termopares.

El aire se introduce con una presión constante de 1.9 atm. regulado por medio de una válvula de aire. El humo para su condensación se conduce desde el escape por un tubo de silicón a una trampa de vidrio.

La temperatura de generación óptima es de 300-400 ° C ya que al alcanzar una temperatura de 500 ° C se pierde el control sobre la pirólisis de la madera.

El humo que se obtiene es seco y denso. Con este generador ha sido posible estudiar las propiedades del humo generado a varias temperaturas, como son efectos microbianos, antioxidantes, propiedades sensoriales y contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos (I. T., 1990)

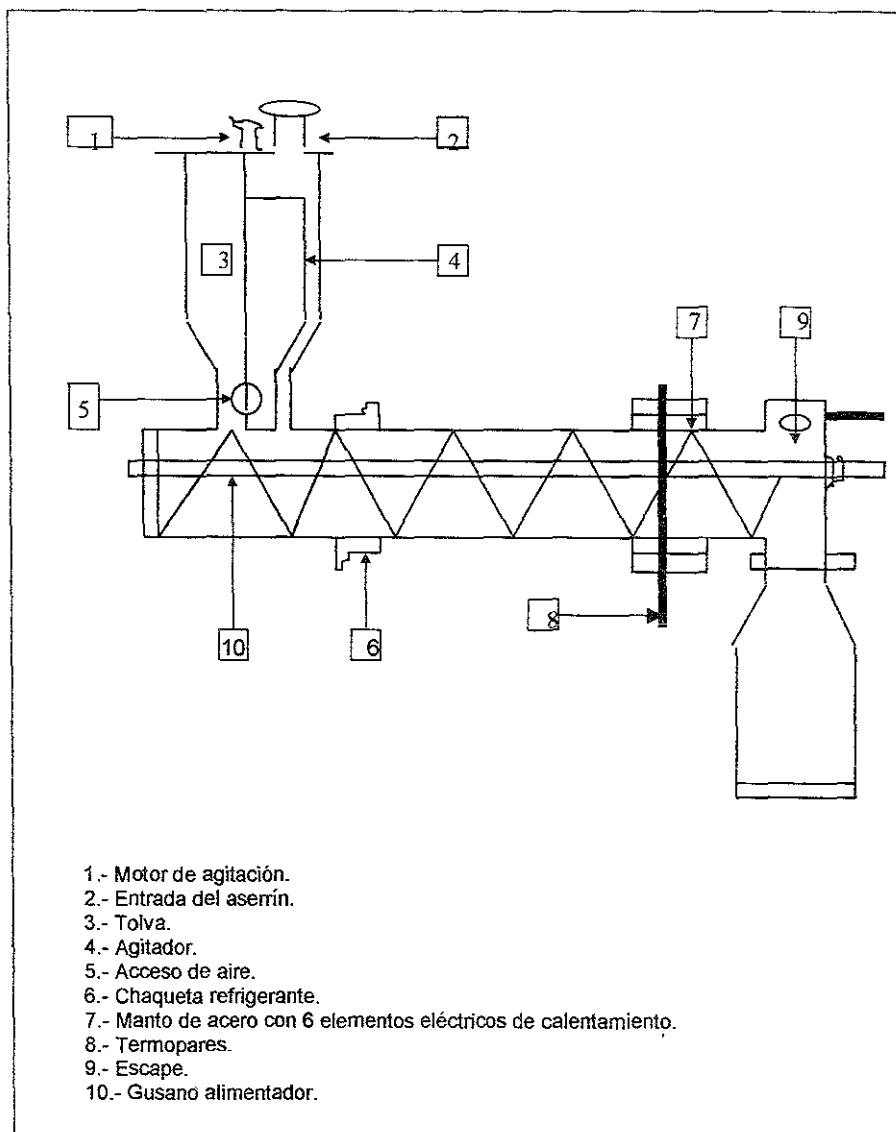


Figura 1 Generador de humo por carbonización Ref. I. T. 1990

GENERADOR DE HUMO TOTH

Consiste en un cilindro perforado, en el cual el humo se produce por el método convencional. el humo se forza a lo largo de los agujeros del cilindro por medio de vacío, y después por calentamiento este se condensa en diferentes trampas de agua.

La temperatura de generación de humo depende del contenido de agua del aserrín y de la regulación de la velocidad del aire por el vacío.

Este generador permite estudiar el humo producido por pirólisis desde 400 hasta 1000 ° C, siendo la variación de la temperatura es de ± 50 °

C. Ver figura 2. (Hernández,1991)

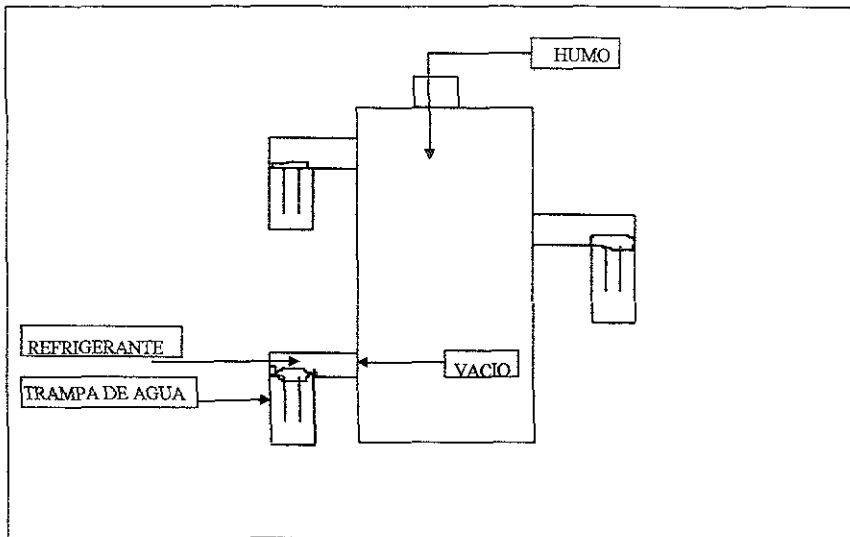


Figura 2 Generador de humo Toth Ref. (Hernández,1991)

1.1.3.2 GENERADORES DE HUMO A NIVEL INDUSTRIAL

Con base en los generadores de humo diseñados a nivel laboratorio se han desarrollado generadores a nivel industrial, los cuales se describen a continuación.

A) GENERADOR DE HUMO CONVENCIONAL.

Se obtiene por encendido y combustión de madera granulada, viruta o aserrín, al entrar en contacto con un espiral calefactora (resistencia eléctrica), formándose el humo.

El movimiento rotatorio de un brazo alimentador permite que la viruta o aserrín llegue a la zona de ardido y conjuntamente con ello, el suministro adecuado de oxígeno mantiene el proceso de ardido en forma continua. El humo así generado se conduce por medio de ductos o tubos al interior de la cámara de ahumado. Ver figura 3. (Hernández, 1991)

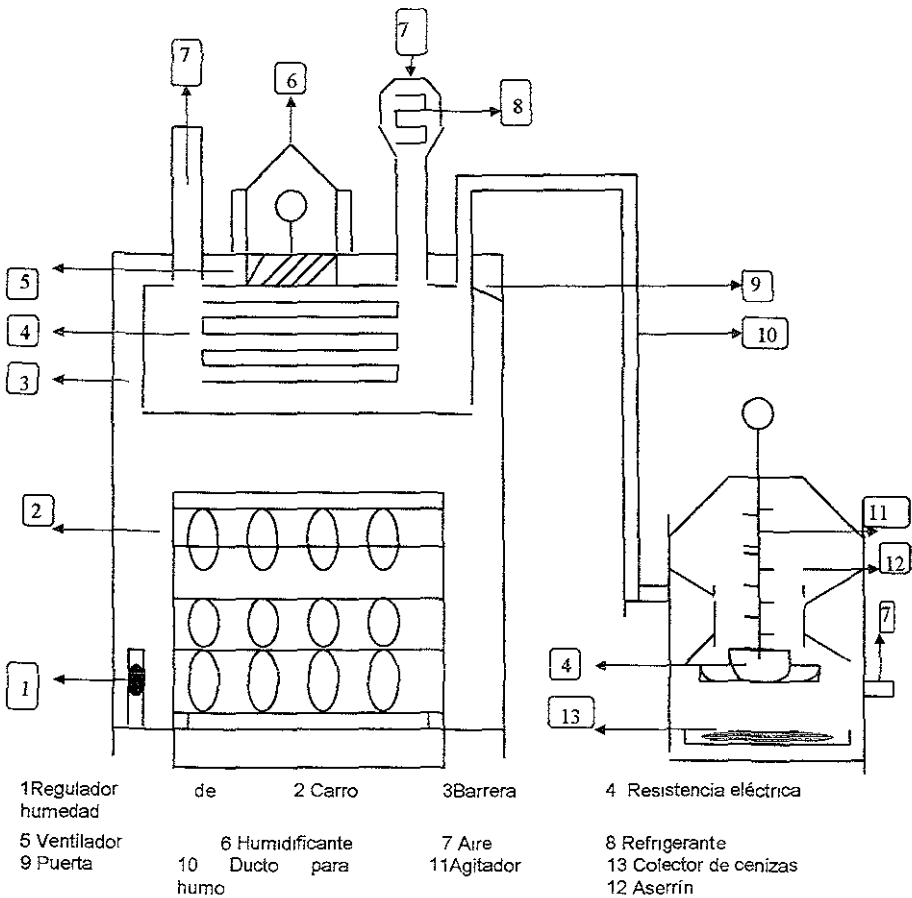


Figura 3 Generador de humo convencional. Ref (Hernández, 1991)

B) GENERADOR DE HUMO POR FRICCIÓN

Se emplean trozos de madera con una superficie de aproximadamente 500 x 100 mm; la madera se presiona mediante un peso contra la rueda de fricción que desarrolla intenso calor el cual provoca la pirólisis de la madera

El aire fresco se impulsa por láminas ubicadas en la parte central del rotor y circula pasando entre los bordes friccionadores, con esto se logra simultáneamente un efecto de enfriado, que resulta importante para la producción de humo sin llama. Los restos de madera friccionada caen en un recipiente y el humo producido pasa al interior de la cámara de ahumado. El receptáculo para los desechos debe contener agua, pues de esta manera se mejora el efecto de enfriado y se evita que los restos de la madera friccionada se inflamen como se observa en la figura 4 (I T 1,990)

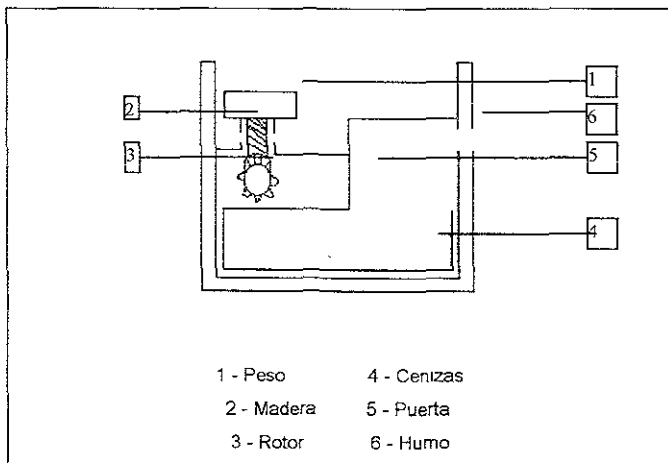


Figura 4 Generador de humo por fricción Ref I T 1,990

C) GENERADOR DE HUMO POR VAPOR

Este método es relativamente nuevo, ya que fué introducido en 1969, a diferencia del método convencional, la temperatura para la producción del humo puede ser determinada en forma exacta.

En primer lugar, se efectúa una mezcla de vapor de agua a baja presión (1.3bar) con aire; mezcla que se introduce a una cámara de recalentamiento

La temperatura de la mezcla de vapor y del aire se puede regular con bastante precisión en el intervalo entre 300 y 400 ° C. Ver figura 5.

La cantidad de aire puede regularse a su vez en forma variable, y de esta manera influir específicamente sobre la cantidad de humo a generar

Una espiral transportadora conduce la viruta a la zona de disgregación, en la que fluye la mezcla sobrecalentada de vapor de agua y de aire, provocando la pirólisis de la viruta.

Al entrar en la cámara de ahumado el humo por vapor posee una temperatura de alrededor de 80 °C, y está húmedo debido al proceso de enfriamiento, por lo que también se le conoce como humo húmedo (I.T., 1990)

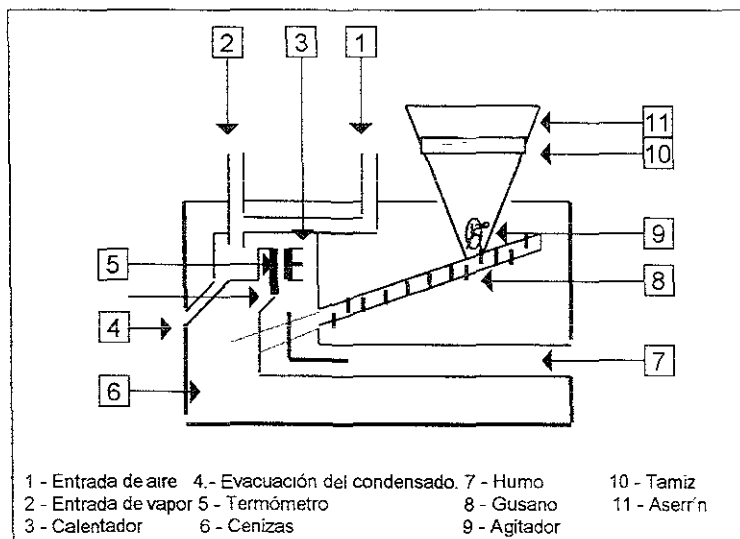


Figura 5. Generador de humo por vapor Ref (I.T., 1990)

D) GENERADOR DE HUMO POR FLUIDIZACION

En este método por medio de un espiral dosificadora y con acción de aire comprimido, la viruta se lleva al reactor, como se observa en la figura 6, el aire se calienta a temperatura entre 300 y 400 °C mediante un calefactor eléctrico y se inyecta dentro del reactor.

La elevada velocidad de aire permite que las virutas se encuentren en forma suspendida, es decir en fluidización. Estas permanecen aproximadamente 10 segundos en el reactor, tiempo en el que tiene lugar el proceso de pirólisis. La temperatura en el reactor es de 350 °C.

Un separador de ciclón separa la mezcla constituida por humo y viruta carbonizada, el residuo de ardido cae en un receptáculo y el humo fluye hacia la cámara de ahumado. Ver figura 6 (T, 1990)

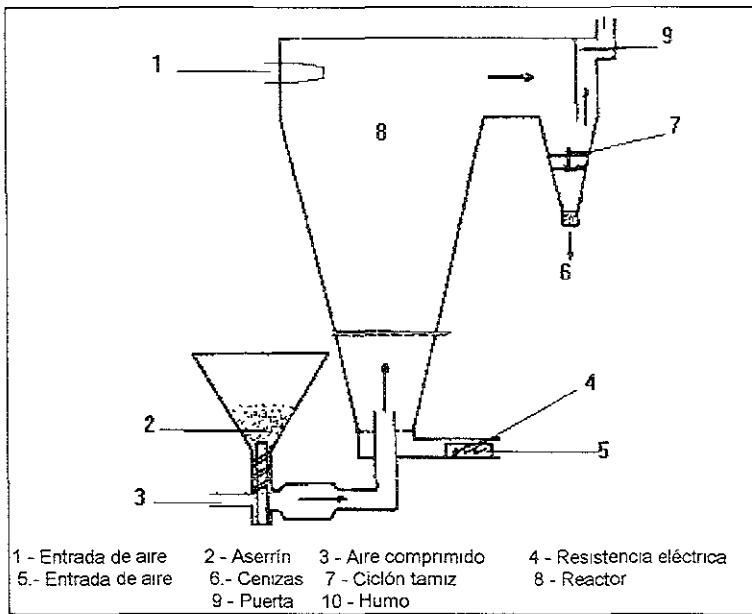


Figura 6. Generador de humo fluido. Ref (T, 1990)

E) GENERADOR DE HUMO CON CALOR INTEGRADO.

El generador de humo con calor integrado que se observa en la figura 7, trabaja por medio de electricidad o por fuego proveniente de gas; además de que es controlado por medio de un tablero electrónico, diseñado para mantener las variables del proceso al nivel que se desee en la producción y aplicación de humos. Actualmente es el generador de humo más usado en la industria cárnica ya que maneja grandes volúmenes de producción de alimentos ahumados (Hernández, 1991)

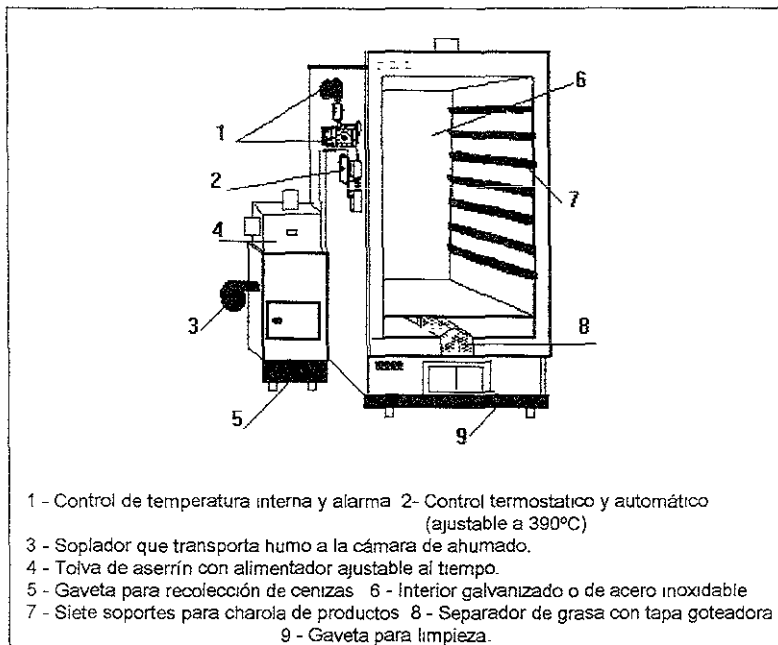


Figura 7 Generador con calor integrado Ref (Hernández,1991).

F) GENERADOR DE HUMO ELECTROSTATICO

La acción de un campo electrostático sobre los elementos de dimensiones pequeñas en suspensión, sólidos o líquidos es un hecho conocido de manera experimental desde 1908.

El humo líquido se coloca en un atomizador especial, y una vez atomizado se carga electrostáticamente, en la figura 8 se observa un esquema de este generador. El producto con una carga opuesta se escurre colgado al atomizador. Por la atracción electrostática se adhieren las gotas finas sobre el producto.

Se lleva a cabo en tres etapas: En la primera, el horno tiene como finalidad la cocción del producto y el facilitar la absorción de los compuestos del humo. En la segunda, el producto se introduce en el ahumador electrostático, el tiempo de permanencia a través del campo es de 4 a 5 min. En la tercera, el producto pasa por un segundo horno con la finalidad de asegurar la difusión del aroma en el producto ahumado. El ciclo se completa en un tiempo de 30 a 40 min (Hernández,1991)

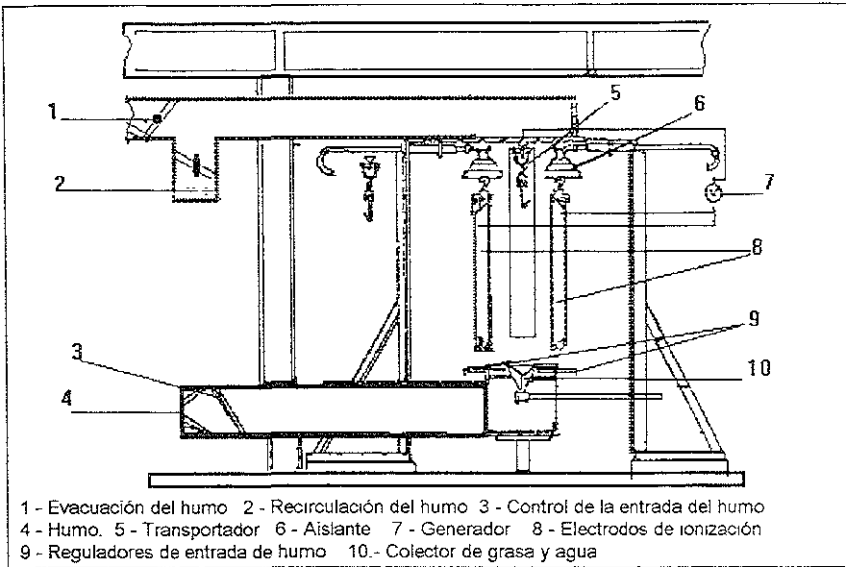


Figura 8 Generador electrostático Ref (Hernández 1991)

Las instalaciones descritas hasta aquí tienen en común muchos elementos de construcción como compuertas de cierre, dispositivos de extracción, cámaras de combustión, colgaderos y paredes exteriores refractarias. Las compuertas de cierre deben ser de acero y se afianzan con un pestillo, en la parte inferior de las torres se colocan los registros, el dispositivo de extracción debe regular la temperatura y la humedad del aire. Con ayuda de un mecanismo de cadena o de tirante se puede regular la válvula de mariposa inserta en el dispositivo de extracción. Cuando la producción de humo es directa el lugar de combustión debe tener una reguera de mampostería situada en la parte inferior o un cofre transportable de acero cubierto con una tela metálica para impedir que los productos a ahumar puedan caer o quemarse. En la producción indirecta del humo el aporte de éste tiene lugar desde una fuente de humo a través del sistema de conducción hasta las respectivas cámaras de ahumado a los diversos pisos de la torre de ahumado. Los colgaderos o perchas, los carriles de la vía de transporte, los rieles de deslizamiento y las planchas del suelo permeables al humo deben ser de acero y por lo tanto incombustibles (Brandly, 1975., Heinz, 1980, Price, 1979)

1.2 COMPOSICION DEL HUMO

El humo está constituido por pequeñas partículas visibles como ceniza volátil y hollín, una fase coloidal en la cual se encuentra también hollín y alquitrán (cuyos diámetros son de alrededor de 0.1 micras) y una fase dispersa gaseosa. La proporción de partículas sólidas y líquidas en el medio gaseoso determinan lo que se llama densidad de humo. El humo contiene compuestos de alto y bajo peso molecular, solubles o insolubles en agua, encontrándose en la fracción insoluble en agua: alquitrán, hollín e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (Hernandez, 1991, Neave 1986)

En 1961 se atribuyeron las propiedades aromatizantes y colorantes a la fase dispersa gaseosa. En efecto, la precipitación de la fase de partículas de humo por filtración electrostática no produce modificaciones notables ni del aroma, ni del color de los productos ahumados. (Girard, 1969)

En la producción de humo actualmente, elaborado a partir de madera, virutas o aserrín, se llevan a cabo dos procesos específicos:

- 1.- Disgregación térmica de la madera, produciendo enlaces moleculares orgánicos menores (Pirólisis)
- 2.- Reacción de condensación, polimerización y oxidación que producen diversos enlaces químicos dando origen a productos entre los cuales los más importantes son: aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, alcoholes, bencenos, fenoles, e hidrocarburos aromáticos. (I T, 1990).

1.2.1 COMPOSICION Y PIROLISIS DE LA MADERA

Los compuestos de la madera se dividen en tres

- 1 Celulosa entre 40-60%.
- 2 Hemicelulosa entre 20 y 30 %.
- 3 Lignina entre 20 y 30 % Los componentes menores son entre otros las resinas y los ácidos etéreos.

1.2.1.1 PIROLISIS DE LA CELULOSA

La pirólisis de la celulosa es una reacción que se lleva a cabo en dos etapas

1. Reacción inicial: es una hidrólisis ácida seguida de una deshidratación para obtener glucosa.
2. Reacción secundaria: conduce a la formación de ácido acético y de sus homólogos, de agua y ocasionalmente, pequeñas cantidades de furanos y de fenoles. (Hernández,1991)

1.2.1.2 PIRÓLISIS DE LA HEMICELULOSA.

El nombre de la celulosa fué atribuido por los políhulosidos de la madera: existen dos grandes categorías de los políhulosidos. las pentosanas y las hexosanas. Las coníferas contienen del 11 al 15% de hexosanas y del 3 al 5% de pentosanas mientras que en las frondosas, las pentosanas predominan del 14 al 19%, y los contenidos de hexosanas se establecen entre el 3 y el 6%. La pirólisis de las pentosanas conduce a la formación de furfural, de furano y de sus derivados, así como a toda una gama de ácidos carboxílicos. La pirólisis de las hexosanas conduce entre otros, a dos clases importantes de compuestos, las mannanas y las galactanas, de las que las unidades de base son respectivamente la manosa y galactosa como en el caso de la celulosa, su pirólisis lleva principalmente a la formación de ácido acético de sus homólogos.

La pirólisis de la hemicelulosa conduce a la formación de furfural y de furanos, así como una gama de ácidos carboxílicos. (Hernández, 1991)

1.2.1.3 PIRÓLISIS DE LA LIGNINA

Los compuestos obtenidos por descomposición de la unidad estructural de la lignina, se consideran determinantes para conferir el aroma ahumado a los productos tratados: fenoles y ésteres fenólicos, como el guayacol, el siringol, y sus homólogos o derivados. El ácido ferúlico constituye verosíblemente un intermediario en las reacciones de descomposición de la lignina. La descarboxilación del ácido ferúlico es una reacción radical catalizada por el oxígeno. Los productos oxigenados, vanillina, acetovanillona, sólo aparecen si la reacción se lleva a cabo en presencia de aire; en tanto que los guayacoles se obtienen en atmósferas enriquecidas con nitrógeno (Hernández,1991)

1.2.2. COMPOSICION DEL HUMO

1.2.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HUMO.

Al quemarse la madera, se producen gases y vapores, una parte de ellos se condensan en la zona fría que queda encima del fuego, formando aerosoles estables, compuestos por pequeñas gotitas que constituyen el humo propiamente dicho. Las partículas sólidas (humo) y los compuestos líquidos (niebla) están en un medio gaseoso disperso. Este se halla constituido por gases como: oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono, y varios hidrocarburos.

El tamaño de las partículas varía de 0.1 a 1.0 μ para la niebla, y de 0.1 a 10 μ para el humo. Las partículas de humo poseen movimiento browniano, por lo cual chocan unas con otras y coagulan formando escamas que se agregan a gotas menos dispersas. Los productos del alquitrán se depositan sobre la parte superior del producto y tienden a hacerlo de 5 a 8 veces más en una superficie horizontal que en una vertical. Cuando el aserrín se quema bien, la concentración de humo es 4 veces mayor que cuando el fuego está muriendo. Un humo recién formado tiene una alta concentración de partículas y una alta temperatura coagula rápidamente hasta que se mezcla bien con el aire; esta consideración es importante al diseñar el ahumador, debiendo procurar que el humo se mezcle lentamente con el aire, de manera que la coagulación sea más lenta y se deposite con mayor rapidez sobre la superficie del producto (Neave, 1986). La madera utilizada para generar el humo tiene una marcada influencia sobre la composición del humo, y por consiguiente en los productos finales. En general la madera de los árboles de hoja ancha se clasifica como dura y produce humo de mejor calidad por ser no resinosa, en tanto que el humo derivado de los árboles de hoja de aguja, se les considera de tipo blanda o débil produciendo humo de mala calidad, por ser madera resinosa. La combustión de las maderas tiernas conduce principalmente a la formación de guayacoles, mientras que las maderas duras producen más sirringoles.

Las principales clases de compuestos detectados en el humo son

- ◇ Fenoles: 85 identificados en los condensados, 20 en los productos ahumados
- ◇ Carbonilos, cetonas y aldehidos: 45 identificados en los condensados del humo.
- ◇ Ácidos: 35 identificados en los condensados
- ◇ Furanos. 11
- ◇ Alcoholes y ésteres: 15 identificados en los condensados
- ◇ Lactonas: 13
- ◇ Hidrocarburos alifáticos: 1 identificado en los condensados, 20 en los productos ahumados.
- ◇ Hidrocarburos policíclicos aromáticos 47 identificados en los condensados, 20 en los productos ahumados (Girard, 1990)

1.2.2.2 COMPUESTOS FENOLICOS.

A los compuestos fenólicos se les atribuyen propiedades aromatizantes y de conservación. La cantidad y naturaleza de los fenoles presentes en el humo están directamente relacionados con la temperatura de pirólisis de la madera, así como la técnica utilizada. Las cantidades de fenoles en los productos tratados varían en grandes proporciones desde 0.06 mg /kg. a 5 mg./kg. Aunque en la mayoría de los casos la concentración se sitúa entre 10 y 200 mg./Kg.

Los fenoles encontrados en el humo poseen 1,2, y a veces varios grupos hidróxilo y son los más corrientemente plurifuncionales, es decir, que además de la función fenol, otras funciones pueden estar incorporadas sobre el núcleo aromático. Si algunos compuestos no se ponen en evidencia cuando se realizan los análisis de los productos ahumados, es debido a que no se han depositado en el producto cárnico en cantidades suficientes para ser detectados. Por otro lado, a los fenoles presentes en cantidades considerables en los condensados, no se les encuentra en los productos ya que estos reaccionan con los aminoácidos libres de las proteínas de la carne (Girard 1990)

1.2.2.3 COMPUESTOS CARBONILOS

Bajo ésta designación se encuentran los aldehídos y las cetonas. Estos compuestos parecen ejercer un papel mayor a nivel de la coloración y un papel que puede ser menos importante a nivel del sabor del producto ahumado. No

obstante ninguna base seria permite actualmente establecer verdaderamente lo anterior. (Girard ,1990)

El número de compuestos carbonilos identificados en el humo y condensados es de 70 aproximadamente. Se ha determinado la concentración de compuestos carbonílicos en embutidos, en donde se observa que el contenido de estos es muy parecido en las muestras cocidas, en la emulsión cruda y en los productos ahumados. Los compuestos carbonílicos representan el 24.6% de la fracción destilable del humo. Es interesante no encontrar gran diferencia de contenido de carbonilos entre los productos ahumados y los no ahumados. Tal vez la explicación radique en que la celulosa de la tripa artificial de los productos embutidos, actúa como barrera contra la penetración de los compuestos carbonílicos del humo. (Hernández ,1991)

1.2.2 4 COMPUESTOS HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS

Se estima que de los 200 HAP presentes en el humo algunos son mutagénicos carcinogénicos y en algunos casos tiene efectos sinérgicos o antagonicos. Desde el punto de vista tecnológico, los productos cárnicos ahumados no deben contener más de 1 ppb (1 mg/Kg.) de 3,4 Benzopirenos , aunque los productos ahumados tengan un color obscuro y un fuerte sabor a humo. El contenido de 3,4 Bp depende principalmente de la tecnología del ahumado, recalcando que se forma por la combustión incompleta de la madera, aumentando de manera proporcional al incrementar la temperatura de generación, entre 400 °C y más de 1000 °C (Fretheim, ,1980)

En el ahumado tradicional, este compuesto se sitúa en su gran mayoría (60-75%) en las capas externas de los productos, es preciso señalar que durante el almacenamiento de los productos ahumados puede producirse un nuevo reparto de los HAP ; se difunden hacia el centro del producto. Las medidas preventivas para limitar el contenido en benzopireno en los productos ahumados se sitúa en dos niveles

-En la producción de humo, disminuyendo la temperatura de pirólisis de la madera.

-En la difusión de los compuestos del humo al interior del producto tratado, interponiendo un filtro selectivo entre la masa a tratar y el humo. (Girard 1990)

1.2.2.5 COMPUESTOS ACIDOS

Los ácidos ejercen un papel no bien definido sobre las características de un producto ahumado, pero se sabe que actúan en la conservación y el sabor. Los ácidos, cuya longitud de cadena está comprendida entre 1 y 10 átomos de carbono, se encuentran presentes en todo el humo, predominando cuantitativamente los ácidos C₁, C₂, C₃, y C₄ debido a que se encuentran en toda la fase vapor. Los ácidos representan el 39.9% de la fracción destilable de los condensados del humo. (Girard, 1990)

1.2.2.6 OTROS COMPUESTOS

Con respecto a las lactonas, los furanos, los alcoholes, los ésteres, las pirazinas, etc., su acción no está bien definida con respecto a las propiedades sensoriales en los productos ahumados, su acción parece situarse a nivel de sabor. (Girard, 1990)

Dos grupos de compuestos en especial han sido poco estudiados, pero existen pruebas que respaldan su contribución sobre el aroma característico que le confieren al humo, además de proporcionar sabor sobre el alimento tratado. Dichos grupos son las lactonas y las pirazinas. Las pirazinas se caracterizan por ser compuestos heterocíclicos nitrogenados, son producidos por calentamiento y poseen propiedades sensoriales únicas. Es posible que una cantidad de estos compuestos se encuentre presente en el humo de madera. La composición de las pirazinas en el humo se ve influenciada por el tipo de madera que se utiliza actualmente se cree que las pirazinas contribuyen a dar coloración y un sabor como a palomitas de maíz. (Hernández, 1991)

1.2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPOSICIÓN DEL HUMO

Diversos factores intervienen en la composición cuantitativa y cualitativa del humo, sin embargo, para el presente estudio sólo se describen los de mayor importancia

1.2.3.1 Influencia de la naturaleza de la madera.

El tipo de madera tiene un efecto considerable en la composición del humo y en las propiedades sensoriales del producto ahumado. La madera que se debe utilizar es de tipo dura y no resinosa, entre las que se encuentran, roble, castaño, álamo, nogal, capulín, cerezo en regiones templadas. En latitudes tropicales se encuentran: mangles, cedro, caoba, palo fierro, encino, zapote, pionche, palo blanco, nogal, laurel, achotillo, amate, primavera, palo verde, mezquite, etc. Los productos ahumados con maderas resinosas presentan un olor y sabor amargo desagradable, y un alto contenido de alquitrán.

1.2.3.2 Influencia del contenido de humedad.

El contenido de humedad de la madera altera cuantitativa y cualitativamente los compuestos volátiles en el humo, teniendo influencia sobre las propiedades del producto. Como se observa en el cuadro 4, el contenido de humedad óptimo en la madera para generar humo, se encuentra entre 20 y 30% desarrollándose dentro de este intervalo la mejor y mayor producción de compuestos que intervienen para proporcionar las propiedades sensoriales a un alimento ahumado. (Hernández, 1991)

HUMO PRODUCIDO / 100 g DE ASERRIN				
HUMEDAD	FENOLES	ACIDOS	FORMALDEHIDOS	PROPIEDADES SENSORIALES
(%)	(mg)	(mg)	(mg)	
1.8	236	3293	122	pésimas
21.5	136	3288	81	buenas
24.5	100	3003	78	buenas
31.2	53	890	-	excelentes

Cuadro 4. Influencia del contenido de humedad sobre la composición química y propiedades sensoriales Ref Hernández, 1991

1.2.3.3 Influencia de la temperatura de combustión de la madera

Debido a la temperatura de combustión de la madera, se produce la pirólisis de sus componentes específicos; de 200 y hasta 260 ° C, se queman las pentosas y la α -celulosa, formando un condensado por pirólisis, de color marrón claro. A temperaturas de 260 a 310 °C se produce la disgregación de la celulosa, en este caso el condensado por pirólisis es de color marrón-rojizo, a temperaturas más elevadas provocan la disgregación de la lignina y el condensado por pirólisis resulta incoloro.

TEMPERATURA °C	FENOLES TOTALES	CARBONILICOS TOTALES	ÁCIDOS TOTALES
380	998	9996	2506
600	4858	14952	6370
760	2632	7574	2996

Cuadro 5 Influencia de la temperatura de combustión en la composición química del humo (mg/100 g de muestra) Ref. Hernández 1991

En la producción de humo es muy importante evitar temperaturas de disgregación muy elevadas, ya que las temperaturas sobre los 350 °C son responsables de la formación de 3,4 benzopireno, al cual se le atribuye propiedades carcinógenas, como se menciona en el cuadro 5. El contenido máximo de fenoles, compuestos carbonilos y ácidos se obtienen a una temperatura de pirólisis de 600° C (Fretheim ,1980)

1.2.3.4 Influencia del flujo de aire.

La degradación de las macromoléculas depende de la temperatura de pirólisis, depende igualmente de la concentración de oxígeno, y en consecuencia de la cantidad de aire admitida en el generador. Cuando el contenido de oxígeno en el aire aumenta de 0 a 50 % la concentración de compuestos furanos disminuye. Los contenidos de compuestos fenólicos y otros aumentan con el del dióxido hasta el 10% de este, después disminuyen entre el 10 y el 20 % de oxígeno, para posteriormente estabilizarse. (Fretheim, 1980)

1.2.3.5 Influencia de la temperatura y de la humedad del ahumador.

Existen dos tipos de ahumado en frío (15-25 °C) y en caliente (55-80° C); el ahumado en caliente realizado según el proceso tradicional, puede acompañarse de trazas elevadas de 3,4 Benzopireno; un ahumado en frío las trazas de contaminación del producto por este compuesto serían pequeñas, incluso aunque el tratamiento durase varias semanas. No obstante en el ahumado en frío los humos son más pobres en principios activos que los utilizados en el ahumado en caliente. La elevación de la temperatura en el ahumador se traduce por un aumento en la absorción de los fenoles, siendo esto debido a que los fenoles de gran peso molecular requieren temperaturas elevadas para mantenerse en la fase de vapor, y como ya se sabe facilita su absorción, por esta causa el augenol, el siringolaldehído, la acetosiringona, y

la acetovanilona, que son fenoles de peso molecular relativamente elevados. predominan en las carnes ahumadas en caliente, mientras que en las carnes ahumadas en frío, se encuentran principalmente el guayacol, el maltol, el fenol, y el meta cresol, de menor peso molecular. Como la temperatura del ahumador tiene gran importancia en la composición del humo, un factor que se debe tomar en consideración es la humedad relativa. A medida que aumenta la humedad relativa del ahumador se aprecia una disminución de la absorción de los compuestos del humo, no obstante en la práctica se demuestra que los productos ahumados con una humedad relativa alta poseen cualidades sensoriales superiores. (Girard 1990, Ibanez 1996, Radetic 1996)

1.2.3.6 Influencia de la tecnología seleccionada.

El ahumado puede realizarse según las diferentes técnicas expuestas anteriormente, se señala que las características sensoriales del producto tratado difieren con la tecnología escogida. El sabor de los productos ahumados electrostáticamente es cualitativamente superior al de los productos ahumados por métodos tradicionales. Se ha observado una preferencia por los degustadores, por el sabor y la jugosidad de los productos ahumados según un tratamiento externo, comparativamente con los productos que hayan sufrido un tratamiento interno. (Lawrie, 1979)

1.3 PROCESOS DE ELABORACION DE PRODUCTOS CARNICOS AHUMADOS

Existen diversos procesos para la elaboración de productos cárnicos ahumados, tales como.

- JAMON COCIDO AHUMADO
- SALCHICHAS AHUMADAS
- TOCINO AHUMADO
- CHORIZO AHUMADO
- CHULETAS CRUDAS AHUMADAS

La tecnología para su elaboración se presenta en el anexo 1 (páginas 69 -77), cabe mencionar que la prueba del equipo se realizó con chuletas crudas, cuyo proceso se describe en el anexo 1 página 75

1.4 EFECTOS DESEABLES E INDESEABLES DE LOS PRODUCTOS AHUMADOS

Aunque el ahumado confiere a los productos tratados las características buscadas, se acompaña, no obstante de efectos indeseables, en el cuadro 6 se presentan estos efectos.

EFECTOS	CARACTERISTICAS	COMPUESTO	PROPIEDADES
DESEABLES	SABOR	FENOLES	ANTIOXIDANTES
		CARBONILOS	
	COLOR	CARBONILOS	
	CONSERVACIÓN	DIFENOLES FENOLES FORMOL ACIDOS	ANTIOXIDANTES ANTIOXIDANTES BACTERIOSTATICO
INDESEABLES	TEXTURA	FORMOL	BACTERIOSTATICO
	DETERIORO DE LAS CUALIDADES	HAP FORMALDEHIDO	CANCINOGENICO HIGIENICAS
	DEGRADACIÓN DE LOS AMINOACIDOS	CARBONILOS	

CUADRO 6 Efectos deseables e indeseables en los productos ahumados. Ref. Hernández 1991

1.4.1 SABOR DE LOS PRODUCTOS AHUMADOS

El sabor de los alimentos ahumados se debe primeramente a los compuestos fenólicos en fase vapor que se absorben en la superficie de los alimentos, y enseguida por la gran cantidad de compuestos que reaccionan con los componentes que constituyen a los alimentos tratados. Estos productos de reacción confieren un sabor diferente al sabor original de los compuestos que primero se forman. La humedad es indispensable para permitir la adecuada absorción de los compuestos en la fase vapor. La temperatura y el nivel de humedad son críticos para el desarrollo del sabor y el olor. Exceso de deshidratación a la vez que una baja temperatura de ahumado puede alterar el olor debido a la disminución de la absorción de compuestos fenólicos de alto punto de ebullición. Por lo anterior el método de ahumado es de vital importancia para la formación del sabor y el olor. La generación de humo a altas temperaturas desarrolla humos de sabores desagradables, amargos y/o alquitranosos. Aunque es cierto que los componentes fenólicos juegan un papel importante en el sabor no son los únicos componentes del humo implicados, para obtener el aroma y la succulencia agradable del producto ahumado es necesario una mezcla compleja de compuestos del humo. (Hernández

1991, Tóth 1984, Suzuki 1996)

1.4.2 COLOR DE LOS PRODUCTOS AHUMADOS

Algunos investigadores sugieren que para la formación del color en los productos ahumados debe haber una reacción importante entre los grupos carbonilo y amino, además de tomar en cuenta que los compuestos fenólicos contribuyen también el desarrollo de la coloración. A través de su efecto desecador y por la acción de las resinas condensadas de fenolaldehído en la capa de grasa que cubren la superficie deseada se logra el aspecto lustroso que es la apariencia característica de la superficie de las carnes ahumadas. Los compuestos activos se difunden en el agua antes de reaccionar con las proteínas.

La difusión de compuestos provoca desarrollo de color café en la superficie. En el ahumado con humo de baja humedad relativa no es fácil obtener un buen color en los alimentos. El grupo amino juega un papel importante en el desarrollo del color de los alimentos ahumados, encontrándose similitud entre la reacción que desarrolla el color del ahumado y la reacción de Maillard. Para el desarrollo del color los carbohidratos se degradan durante la generación de humo, resultando de ello compuestos activos que se encargaran de reaccionar directamente con los grupos amino de las proteínas de la carne.

Los productos de reacción se polimerizan para formar compuestos condensados que aportan un cambio de matiz del amarillo brillante al café, que se incrementa hasta un tono café oscuro. El cambio de negro a café oscuro se deberá a la precipitación de alquitrán en la superficie de la carne. La concentración depende en gran medida de la densidad del humo, de la reacción superficie volumen de contacto y el tiempo de exposición. (Rurfer 1979, Tyszkiewicz 1988)

1.4.3 EFECTO DE CONSERVACION DEL HUMO EN LOS PRODUCTOS AHUMADOS

El humo ejerce dos tipos de acción de conservación sobre los productos ahumados la primera acción es antioxidante y la segunda bacteriostática y/o bactericida.

Acción antioxidante.

Los agentes antioxidantes son generalmente de carácter fenólico que poseen las características de ser donadores de hidrógeno. Su papel es intervenir en el inicio de la cadena de oxidación sobre los radicales formados, y por consiguiente retardar la ruptura en productos responsables de la rancidez

Acción bacteriostática y bactericida

El humo originado a partir de madera dura es más ácido por su alto contenido de hemicelulosas ofreciendo un mayor efecto preservativo sobre el producto, siendo esta otra razón por la cual se prefiere para el proceso de ahumado un humo derivado de maderas duras. (Suzuki 1996, Girard 1990)

La acción bactericida y bacteriostática incluye diversos efectos

- ◊ La destrucción y/o inhibición del desarrollo de microorganismos por la acción principalmente de fenoles y del formaldehído.
- ◊ El secado sobre todo en productos crudos con la consiguiente disminución del valor de A_w

La fracción fenólica del humo posee el poder bacteriostático y bactericida más marcado. sin embargo esta fracción tiene que encontrarse en combinación con otros componentes del humo para que su acción sea más enérgica.

El ahumado aporta un medio acidificante, por consiguiente la acción benéfica se ejerce sobre la carga microbiana del producto; así es que los compuestos ácidos y fenoles disminuyen el pH del producto y juegan un papel bactericida. En efecto, gran parte de las bacterias causantes de la putrefacción de la carne son sensibles a pH ácido. (pH=5.5).

La naturaleza de la flora microbiana de la materia prima condiciona la calidad del producto terminado. La carga de mesófilos no esporulados son destruidos en el proceso de ahumado clásico en caliente, sin embargo, estas no son destruidas cuando se ahuma en frío. Las bacterias esporuladas (Bacillus sp. y Clostridium sp.) son más resistentes, por lo tanto la tecnología del ahumado no permite obtener producto terminado en buenas condiciones a partir de materias primas contaminadas. (Girard 1990, Suzuki 1996)

Aunque los productos del humo que se depositan en la carne tienen una fuerte acción bactericida, no tienen un efecto inhibitor semejante en el desarrollo de mohos, los aldehídos residuales del ahumado no son tan efectivos específicamente como micostáticos, además los agentes de la salazón no son efectivos particularmente contra el desarrollo de mohos. Así que estos crecen rápidamente sobre las carnes ahumadas cuando las condiciones para su desarrollo son favorables. Por esta razón es importante mantener la superficie de las carnes ahumadas tan secas como sea posible. Las carnes ahumadas que son almacenadas en refrigeración, se deben manejar en forma tal que se evite la condensación en su superficie. (Hernández, 1991)

1.4.4 CONTAMINACION POR LOS HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS.

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) pueden encontrarse en los alimentos, y esto se debe principalmente a dos causas: la polución atmosférica o el ahumado y la cocción a fuego de madera. Algunas regiones de las moléculas de HAP poseen una reactividad mas importante siendo a este nivel al que se combinarían, entre los constituyentes celulares, los nucleótidos ADN y ARN. por lo que estos procesos pueden conducir a una célula cancerosa. Se han detectado efectos mutagénicos causados por ciertos fenoles encontrados en la fracción fenólica del humo ahumador, detectando que los fenoles pueden reaccionar con los nitritos del curado de los productos cárnicos para formar nitro y nitrosfenoles que pueden actuar como potentes catalizadores en la formación de nitrosaminas; además de que pueden presentar efectos mutagénicos encontrándose en los productos cárnicos ahumados, en concentraciones peligrosas para el hombre, que aún no han sido determinados con claridad.

La fase dispersa del humo contiene concentraciones elevadas de HAP que pueden removerse por precipitación, antes de depositarse en el alimento. Pero esta medida provoca pérdidas en el color, sabor, y acción antioxidante. La obtención de humos líquidos bajo condiciones de generación de humo estrictamente controladas, es otra posibilidad para ahumar productos que estarán libres de HAP. Siendo la concentración máxima de benzopireno de

1ppb, la que se permite en Alemania en productos cárnicos ahumados, ya que este país es el que más ha estudiado la presencia de este compuesto. El intervalo de concentración de benzopireno se observa en el cuadro En donde se demuestra que la coloración es un factor indicativo para la detección de benzopireno cuando se ha ahumado con humo. (Henry 1979, Bates 1982, Alonge 1988)

Las medidas preventivas para limitar el contenido de benzopireno en los productos ahumados son :

- 1 - Durante la generación del humo, disminuir la temperatura de pirólisis de la madera.
- 2 - Cuando ocurra la difusión de los compuestos del humo al interior del producto tratado, se puede interponer un filtro selectivo entre el alimento a tratar y el humo

El contenido de benzopireno en el humo tiene un efecto directamente en el color del producto ahumado, tal como se observa en el cuadro 7.

MUESTRA AHUMADA	CONTENIDO DE BENZOPIRENO (PPB)	CARACTERÍSTICAS
Embutidos	0.0 - 6.15	Mayor concentración en embutidos de pequeño diámetro, color claro.
Jamón, tocino fermentado o cocido	0.1 - 3.1	Color brillante.
Jamón, tocino fermentado o cocido	0.1 - 15.00	Color oscuro.
Jamón, tocino fermentado o cocido	10.0 - 300.00	Color oscuro, se puede encontrar alquitrán en la superficie.

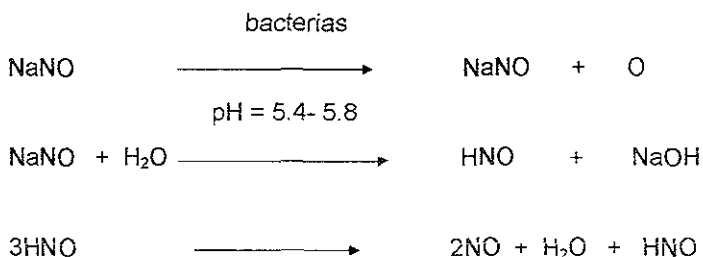
Cuadro 7 Relación del contenido de benzopireno y el color de productos cárnicos ahumados R f Hernández, 1991

1.4.5 DEGRADACION DE AMINOACIDOS

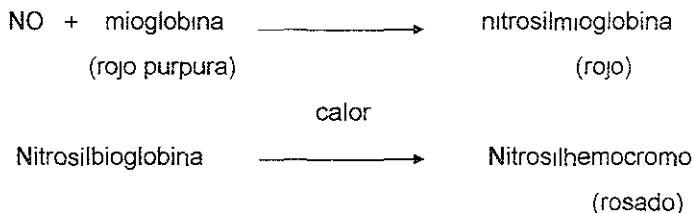
Las sales de nitritos y nitratos se usan en la mezcla de curado de diferentes productos cárnicos. La fusión de estas sales consiste en :

- ◇ desarrollar color característico
- ◇ actuar como agente inhibidor del crecimiento de Clostridium botulinium,
- ◇ contribuir al sabor de los productos cárnicos

El nitrato de sodio es transformado a nitrito de sodio a través de la acción de los microorganismos propios de la carne, debido al pH que prevalece, el nitrito de sodio se convierte en ácido nitroso que a su vez se disocia para formar óxido nítrico.



El óxido nítrico liberado reacciona con la mioglobina para formar nitrosilmioglobina de color rojo que se transforma en el pigmento rosado nitrosil hemocromo durante el subsecuente *tratamiento térmico*.



Durante el cocimiento o fritura de la carne se liberan aminoácidos como la prolina, hidroxiprolina, arginina, lisina, etc; al igual que algunas aminas secundarias como la cadaverina, y la putrescina compuestos que a su vez pueden reaccionar con el ácido nitroso en las condiciones ácidas del estómago. formándose nitrosaminas del tipo nitrosopirrolidina (NPYR) que es un potente carcinógeno del tracto digestivo, urinario, hígado, aparato reproductor y tejidos

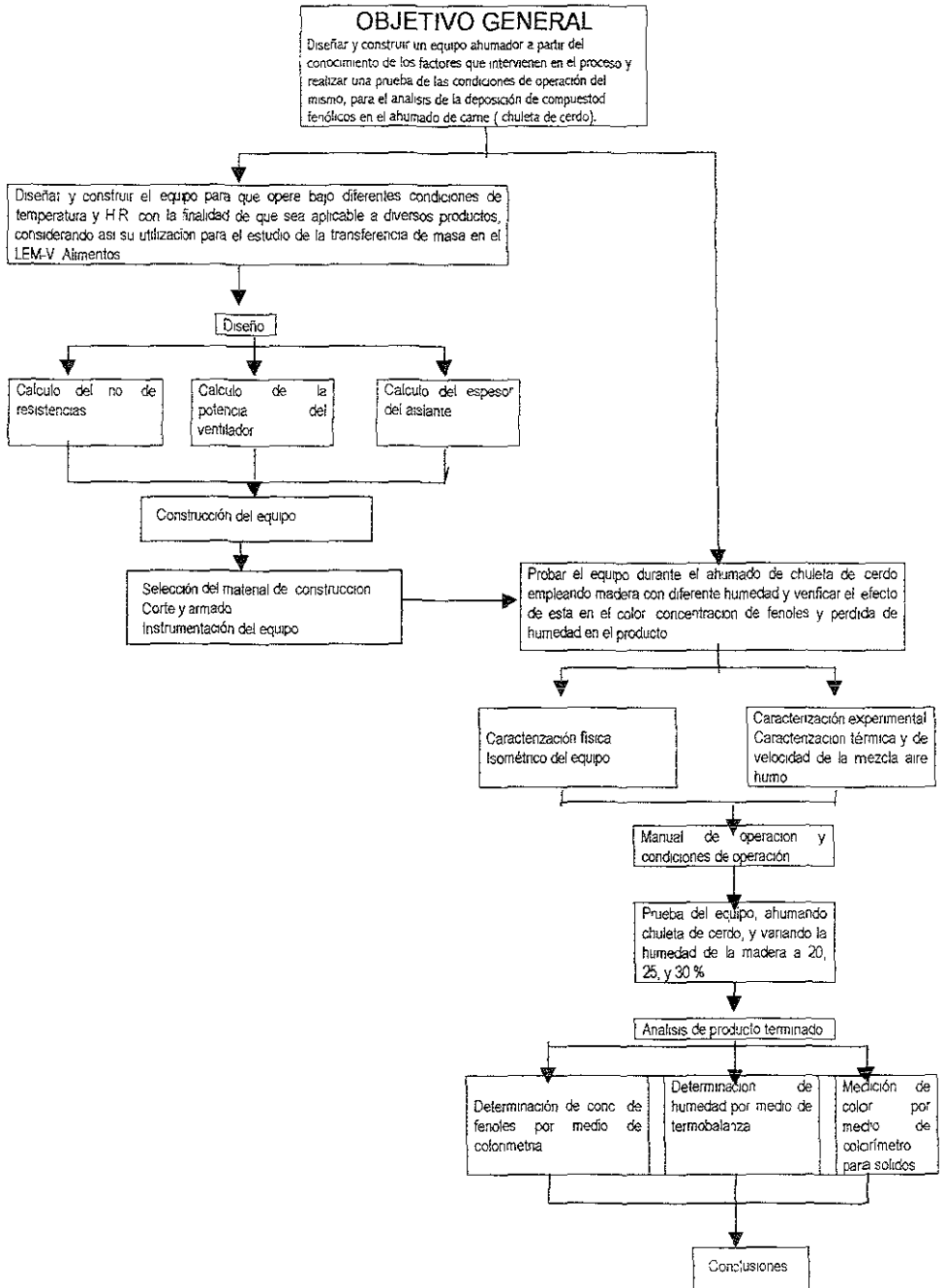
A continuación, se presenta el diseño metodológico del diseño construcción y prueba del equipo

CAPITULO II

2. DESCRIPCIÓN DEL CUADRO METODOLÓGICO

Como se puede observar en el cuadro 8 primero se realizó, el diseño y la construcción del equipo, a partir del cálculo del número de resistencias que sería necesario instalar, para el calentamiento de la mezcla aire-humo, así como la potencia del ventilador que estaría alimentando dicha mezcla, además de calcular el espesor de aislante que ayudara a mantener una determinada temperatura dentro del ahumador; una vez construido el ahumador se procedió a caracterizarlo física y experimentalmente, con la finalidad de obtener el manual de operación y las condiciones de operación, para así probar el equipo utilizando madera con diferente contenido de humedad, y finalmente evaluar la concentración de fenoles depositados en el producto, la humedad, y el color, para así obtener las conclusiones que nos llevaran a decidir si es posible utilizarlo como equipo didáctico en el LEM V – Alimentos. Durante el ahumado de diversos productos, a diferentes condiciones de ahumado como temperatura, humedad relativa, velocidad de la mezcla aire humo, y tiempos de residencia de los productos en la cámara de ahumado, para evaluar el efecto sobre la transferencia de masa de humedad, fenoles y de otros compuestos volátiles, y finalmente las características del producto

CUADRO METODOLÓGICO



Cuadro 8 Cuadro metodológico

2.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Durante el ahumado se desea que en el menor tiempo posible se logre la absorción adecuada de los compuestos del humo, principalmente los compuestos fenólicos, debido a que estos son los que imparten al producto ahumado el color, sabor, y efecto bacteriostático, mientras más compuestos fenólicos presente el humo mejor será la apariencia de los productos final y el tiempo de proceso es menor. El método utilizado para tal operación debe ser reproducible sin olvidar la importancia que tienen las condiciones de operación empleadas: temperatura, velocidad de la mezcla aire-humo, humedad relativa, tanto de combustión como de la cámara de ahumado por lo que deben estar separados la cámara de el generador de humo además de evitar problemas higiénicos y de limpieza, otros factores que influyen en la concentración de fenoles presentes en el humo es el tipo de madera a emplear y la humedad de la madera. También es importante considerar la capacidad del ahumador para evitar obtener productos deficientes.

Una vez realizada la investigación y análisis de las diferentes tecnologías de producción de humo y cámaras de ahumado (ver capítulo 1), y considerando:

1. Su utilización como equipo didáctico para desarrollar proyectos experimentales que se realizan en el Laboratorio Experimental Multidisciplinario V -Alimentos
2. Cantidad de materia prima a procesar.
3. Material de construcción
4. Condiciones de operación

La tecnología seleccionada para el diseño de un ahumador con las características mencionadas anteriormente, es el ahumador eléctrico con calor integrado, debido a que éste posee los dispositivos de medición necesarios para el desarrollo de los proyectos experimentales, el proceso se puede realizar ya sea en caliente o en frío, o bien húmedo o seco. El generador de humo está separado para evitar problemas higiénicos, así como para que haya una circulación de aire constante y un control de la temperatura en ambas

partes, El material de construcción es fácil de conseguir y es posible construirse para una capacidad pequeña (500 g).

2.1.1 DISEÑO DEL EQUIPO

Con base en lo anterior se realizó el diseño para una capacidad de 500 g de materia prima debido a que con esta cantidad es posible realizarle los análisis correspondientes en cuanto a humedad, concentración de fenoles y color

Para llevar a cabo la operación se requiere una velocidad de aire-humo de 0.8-4.6 m/s (Neave, 1986) ,Una temperatura en el interior de la cámara de 20-100°C (Heinz, 1980) y una humedad relativa de 35-80%.

Con referencia a lo anterior se realizaron los cálculos para las dimensiones del equipo, el número de resistencias a instalar, la potencia necesaria para el ventilador, y el espesor de aislante.

Selección del material e instrumentos para la construcción.

Se construyó el interior de acero inoxidable calibre 18, debido a que con este material se contaba en el almacén de las naves de alimentos en campo IV, además de que por ser acero inoxidable es de fácil limpieza y durabilidad, el calibre 18 es de fácil maniobrabilidad para los cortes y dobleces necesarios, es posible soldarlo con una máquina de soldar de punto o bien sujetarlo con remaches, tornillos o pijas

Para el exterior se decidió emplear acero galvanizado calibre 18 por su bajo costo, y maniobrabilidad, además de que es posible soldarlo con soldadura eléctrica o autógena. Para la chimenea se emplearon alpargatas de acero galvanizado por su bajo costo

2.1.1.1 NUMERO DE RESISTENCIAS A INSTALAR

Para conocer el número de resistencias, se realizó un balance de energía en el calentador, con las siguientes consideraciones:

Temperatura de entrada a la cámara de la mezcla aire-humo (T_e) 40°C.

Temperatura de salida de a la cámara de la mezcla aire-humo (T_s) 100°C

Humedad relativa del aire ambiente a la entrada del calentador (HR) 70%

Velocidad de la mezcla aire-humo (v). 4.6 m/s

La secuencia se muestra en el capítulo de resultados, página 51.

2.1.1.2 CALCULO DE LA POTENCIA NECESARIA PARA EL VENTILADOR.

Para conocer la potencia del ventilador se utilizó la siguiente ecuación (Coynne 1987).

$$H_p = \frac{G \Delta P}{63.5 \eta} \quad \blacktriangleright \quad 1$$

DONDE.

G = Gasto (Ft³ / min.)

ΔP = caída de presión (in.H₂O)

η = eficiencia (%)

Los cálculos se presentan en la página 53.

2.1.1.3 CALCULO DEL ESPESOR DE AISLANTE.

La utilización del aislante se hizo necesaria al realizar los cálculos de fugas de calor por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = UA \Delta T \quad \blacktriangleright \quad 2$$

Donde :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{ext.}} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_{int}}} \quad \blacktriangleright \quad 3$$

h_{ext} coeficiente convectivo en el exterior

h_{int} coeficiente convectivo en el interior.

k coeficiente conductivo de los materiales empleados

x : espesor de los materiales empleados.

Tomando en cuenta que tanto en el interior como en el exterior existe convección, en el exterior es convección natural y en el interior de la cámara es forzada por la presencia del ventilador

Los cálculos se desarrollan en la página 54

2.1.2 CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

Con base en la tecnología seleccionada se construyó el equipo, bajo la siguiente secuencia:

- 1 Construcción de la cámara de ahumado.
- 2 Construcción del generador de humo.
- 3 Accesorios e instrumentos.

2.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y EXPERIMENTAL

Una vez construido el equipo se procede a probar su funcionamiento partiendo de una caracterización física con la cual se obtiene el isométrico del equipo, y una caracterización experimental del mismo, variando la velocidad de la mezcla aire-humo y caracterizando térmicamente la cámara de ahumado con la finalidad de obtener los niveles de operación en cuanto a temperaturas y velocidades de la mezcla aire-humo, y preparar el manual de operación.

Para llevar a cabo la caracterización experimental en cuanto a la velocidad, se tomaron lecturas de velocidad con un anemómetro Turbo-Meter Wind Speed Indicator con una precisión de 0,1 m/s, el anemómetro se colocó a la salida de la chimenea, manteniendo esta completamente abierta, se dejó pasar 1 min. Para tomar cada lectura. Esto se realizó por triplicado, y se reportan las medias. Sin olvidar que se tuvo la necesidad de instalar un reostato para regular la velocidad.

Para la caracterización térmica se empleó un termómetro de vidrio, el cual consta de un depósito de vidrio que contiene mercurio y que al calentarse se expande y sube al tubo capilar, el margen de trabajo de un termómetro de mercurio es de -35 hasta 280°C, con una precisión de $\pm 1^\circ\text{C}$, es fácil de emplear (CREUS 1992). A continuación se registraron las temperaturas cada 10 min utilizando solo las resistencias sin hacer pasar humo. El termostato se colocó en 60°C.

2.3 DESARROLLO METODOLOGICO PARA LA PRUEBA DEL EQUIPO

Objetivo Particular 2

Prueba del equipo, durante el ahumado de chuleta de cerdo, empleando *madera de diferente cantidad de humedad* y verificar el efecto de este, en el color, la concentración de fenoles y la pérdida de humedad en el producto

Para realizar la prueba, se planteó una experimentación analizando el proceso de ahumado en caliente de chuleta de cerdo cruda, con humo procedente de madera de caoba de diferente contenido de humedad, con respecto a la deposición de compuestos fenolicos en el producto por lo que se propone la siguiente hipótesis

2.3.1 Hipótesis

La concentración de fenoles en el producto depende del contenido de humedad de la madera empleada.

2.3.2 Variables

Debido a que en el presente trabajo solo se probara el funcionamiento del equipo, se propone el estudio de la influencia del contenido de humedad de la madera sobre las características del producto ahumado, las variables involucradas son el contenido de humedad de la madera, la cantidad de compuestos fenolicos en el humo. Las variables que se estudiaron con lo anterior son el color, la cantidad de compuestos fenolicos depositados en el producto y la humedad del producto. Cuadro 10

CONSTANTES	V IND	V DEP	V DE RESP
TEMP. DE AHUMADO HR DE LA CAMARA	HUMEDAD DE LA MADERA	CANT DE FENOLES EN EL HUMO	COLOR HUMEDAD CANT DE FENOLES EN EL PROD

Cuadro 9 Variables a manejar

Para el desarrollo de este objetivo, se preparo la chuleta de cerdo seleccionando la parte del cerdo que establece la norma oficial mexicana, siguiendo el procedimiento que se describe en el anexo 1 pagina 75

Con la finalidad de tener un parámetro de comparación, se determino el contenido de humedad, color y contenido de compuestos fenolicos a una chuleta de cerdo ahumada comercial y a una chuleta fresca.

2.3.3 DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para la prueba del equipo se llevo a cabo el ahumado de la chuleta con madera de caoba en forma de viruta con los siguientes niveles de variación 20, 25 y 30% de humedad, por lo que se hizo necesario determinar el contenido de humedad de la misma inicialmente, se seleccionaron estos niveles de variación debido a que la bibliografía reporta que a 25% de humedad se obtiene un humo rico en compuestos fenolicos y con menos hidrocarburos aromáticos policiclicos

Para verificar el efecto de la humedad de la madera sobre el contenido de compuestos fenolicos, la humedad y el color del producto se tomaron tres muestras para ser evaluadas y observar los cambios de color, humedad y cont de fenoles analizando los datos. Así como también para el humo generado se tomaron tres muestras en 500 ml. de agua [debido a que los fenoles son solubles en agua] (Galvez 1996) para determinarles contenido de compuestos fenolicos por la técnica de la Farmacopea Mexicana. (Secretana de Salud, 1988) Finalmente se obtuvieron conclusiones y recomendaciones para la utilización del equipo

Las determinaciones de cantidad de compuestos fenolicos, humedad y medición de color se realizaron durante toda la experimentación de la siguiente manera:

2.3.3.1 Determinación de compuestos fenolicos.

Esta determinación se realizó siguiendo la técnica de colorimetria.

Los compuestos fenólicos son los responsables del sabor a humo y además del efecto antioxidante, de ahí su importancia en la determinación

La cantidad de compuestos fenolicos depositados en el alimento ahumado y presentes en el humo esta en función del tipo de madera y la humedad de la misma, así como de la temperatura de generación del humo

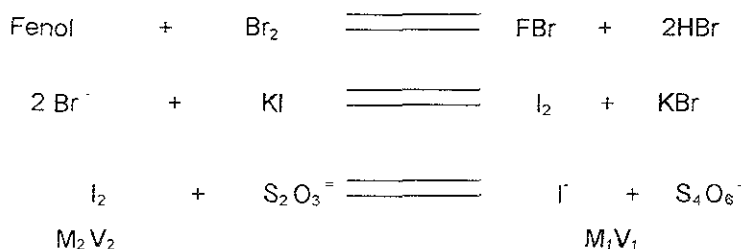
Para determinar fenoles en un producto ahumado lo más practico y preciso es a partir de una cromatografia de gases, sin embargo al no contar con el equipo, se realizo un análisis titulometrico, el cual se basa en una reacción por retroceso. La bromacion del fenol y yodacion del bromo libre, finalmente una sulfatación del yodo en exceso

Material	Reactivos
Matraz aforado de 1000 ml	Bromo al 0.05M
Matraz con tapón de 500 ml	Acido clorhídrico conc.
Probeta de 50 ml	Yoduro de potasio al 20 % m/v
Pipeta de 1,5 y 10 ml	Tiosulfato de sodio al 0.1M
Bureta de 50 ml.	Almidón estandarizado
	Cloroformo

Procedimiento.

Disolver 2 g de la muestra agregar agua suficiente a obtener 1000 ml.. Pasar 25 ml de esta solución a un matraz, provisto con un tapón de 500 ml., agregar 50 ml de solución 0.05 M de bromo y 5 ml de ácido clorhídrico, tapar el matraz, agitar ocasionalmente durante 30 min. Y dejar reposar 15 min. Agregar rápidamente 5 ml de solución al 20% m/v de yoduro de potasio, agitar vigorosamente y titular con solución 0.1M de tiosulfato de sodio, hasta que permanezca solamente un color amarillo pálido, agregar 1 ml de solución estandarizada de almidón y 10 ml de cloroformo y continuar titulando agitando vigorosamente. Hacer una determinación en blanco y efectuar las correcciones necesarias. 1 ml. de Br₂ 0.05M titulan 1.569 mg de fenol (Farmacopea, 1968)

Reacciones



Cálculos.

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

M_1 es la molaridad del tiosulfato de sodio(M)

V_2 es el volumen de yodo (ml.).

V_1 es el volumen de tiosulfato de sodio gastado (ml)

M_2 es la molaridad del I_2 que será igual a la del Br^- . M_3

V_3 es el volumen de bromo que reacciona con el fenol

M_4 es la molaridad del Br_2 .

V_4 es el volumen de bromo inicial. (ml)

$$V_3 = \frac{M_4 V_4}{M_3} \text{ mg de fenol presentes} = V_3 (1.569)$$

2.3.3.2 Medición de color

El color es un factor determinante en la aceptación de un alimento por parte del consumidor. Un color atractivo que luce natural, atrae al consumidor a probar el alimento en tanto que un alimento sin color o bien con un color deteriorado produce el efecto contrario. La medida de color es un importante medio de aseguramiento de la calidad en productos alimenticios, y aun más para un producto ahumado.

La visualización del color se realiza por comparación de estándares de color, atlas, cartas, abanicos o comparadores especiales de color, en donde la muestra es comparada; entre los más sobresalientes se encuentran los realizados por Munsell (1929), Ostwald (1931), CIE (1931) y Hunter (1942).

El sistema Munsell se basa en el principio de la percepción visual de pequeñas diferencias de color, el sistema describe todos los posibles colores en términos

de tres coordenadas Tono Munsell. Valor Munsell (claridad) y Croma Munsell
El sistema Munsell es el estándar de todos los demás

En el sistema Ostwald los colores son descritos como " saturación del color", "contenido de blanco" y contenido de negro", basados en términos de idealización de curvas espectrométricas que se obtienen a partir del estudio de los colores, este sistema es particularmente importante para pintores, artistas, fabricantes de tinta y todos los que trabajan con mezclas de pigmentos coloreados con negro y blanco.

El sistema CIE (Comisión Internacional de l'Éclairage o International Commission on Illumination), en 1931, realizó una descripción numérica de la respuesta del color al ojo humano Y, x, y y x, y, z 1931, Y es el factor de luminosidad expresado como un porcentaje, basado en una reflectancia perfecta de 100%, y x, y son las coordenadas de cromaticidad [Y corresponde al tono verde, x al rojo y z al azul] El color es percibido en tres dimensiones: tono, croma y luminosidad La cromaticidad incluye el tono y el croma (saturación), específicamente por dos coordenadas de cromaticidad .Desde estas dos coordenadas el color no queda definido completamente, un factor de luminosidad debe incluirse para identificar precisamente el color de la muestra Para la medición correcta de color Hunter desarrollo colorímetros que leen directamente el reflejo de la luz, la cual está basado en las coordenadas de las coordenadas de la escala de CIE. A partir de este estudio se desarrollaron la escala de CIE $L^*a^*b^*$ (1976) y la Hunter Lab L es la claridad o luminosidad, se representa en una escala de 0 (negro) - 100 (blanco), mientras que a y b expresan cromaticidad que varían de verdes (valores negativos) a rojos (valores positivos), y b de azul (valores negativos) a amarillo (valores positivos) esta escala es probablemente la más utilizada y aceptada por la industria de los alimentos.

El color de los alimentos ahumados es un factor importante en la aceptación de estos; el desarrollo de color se da a través de reacciones no enzimáticas similares a la reacciones de Maillard, Ruter (1971) dice, que los carbonilos predominantes para esta reacción son formaldehídos, acetilo, glicolaldehído y metil glycoxal, los dos últimos son los que imparten el color café oscuro,

algunos fenómenos en la fase vapor también contribuyen a la formación de color. La formación de color está directamente relacionada con la humedad del producto, la humedad relativa (HR) y las temperaturas de cámara y de combustión, la coloración ideal se da cuando manejamos HR de 60-70% y con humedades en la superficie del producto de 10-15% , debido a que la coloración se da cuando el humo está en su fase vapor (Ruiter, Daum 1978)

La formación del color en la superficie está dada por dos factores que son los constituyentes cromáticos del humo mismo y la precipitación de estos en la superficie, mismos que se combinan con el producto, y los cambios químicos ocurridos por los pigmentos de la carne durante la fijación del color (causados por la reducción de agentes del humo) (Tyszkiewicz 1988)

La selección del equipo para medir el color depende del objeto al que se desea aplicar y el rango de productos a ser probados, en este caso, la determinación de color se realizó por medio del colorímetro para sólidos Minolta CR-300 que ofrece cinco diferentes sistemas de color para la medición absoluta de color (CIE Yxy(1931), L*a*b*(1976), L*C*H° (1976) y XYZ(1931), Hunter Lab) y cuatro sistemas para la medición de las diferencias de color ($\Delta(Yxy)$ $\Delta(L*a*b^*)$ $\Delta(L*C*H^\circ)$) y Hunter $\Delta(Lab)$) Además la diferencia absoluta de color ΔE^*_{ab} es también mostrada en la pantalla cuando se emplean los siguientes sistemas de color $\Delta(L*a*b^*)$ o $\Delta(L*C*H^\circ)$ y la diferencia absoluta de color es mostrada en el sistema de color Hunter $\Delta(Lab)$ Para dos colores a comparar estas cantidades definidas deben ser idénticas. Estas tres cantidades son llamadas valores trístimulos X,Y,Z como lo determino la CIE

En el colorímetro Minolta , obtuvo en forma directa la escala CIE con los valores L a b , tomando a la luminosidad cromática y tono como medidas de análisis, las ecuaciones para obtener dichos parámetros son:

$$\text{Croma } C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (\text{Galeana 1995, Minolta 1994})$$

$$\text{Tono: } T = \tan^{-1} b/a \quad (\text{Galeana 1995})$$

2.3.4.3 Determinación de humedad

La determinación de humedad se realiza debido a que en la primera etapa del proceso de ahumado se da una desecación del alimento y por lo tanto se pierde humedad, esta determinación se realizó promedio de una termobalanza (Ifra red moisture determination balance AD - 47 14 A) presenta una precisión de 0.1%, cuyo fundamento es: mediciones directas de la pérdida de peso debido a la evaporación de agua a la temperatura de ebullición o cerca de ella del alimento (Pearson 1987)

$$\% \text{Humedad} = \text{Lectura de la balanza}$$

En el capítulo tres se plantean y discuten los resultados.

CAPITULO III

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

3.1.1 DISEÑO DEL EQUIPO

3.1.1.1 NUMERO DE RESISTENCIAS A INSTALAR

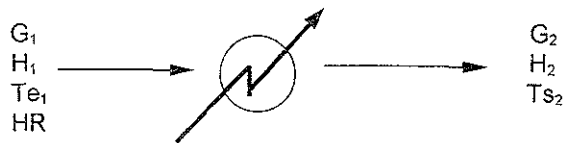
Para conocer el numero de resistencias. se realizo un balance de en el calentador, con las siguientes consideraciones:

Temperatura de entrada a la cámara de la mezcla aire-humo (T_e) 40°C

Temperatura de salida de a la cámara de la mezcla aire-humo (T_s) 100°C

Humedad relativa del aire ambiente a la entrada del calentador (HR) 70%

Velocidad de la mezcla aire-humo (v) 4.6 m/s



$$G_1 H_1 + Q = G_2 H_2 \quad \blacktriangleright \quad 4$$

$$G_1 = G_2$$

Despejando el calor (Q) de la ecuación 4.

$$Q = G (H_2 - H_1) \quad \blacktriangleright \quad 5$$

Donde

$$H_1 = H_1 \lambda_0 + C_s (T_{e1} - T_0) \quad \blacktriangleright \quad 6$$

De la carta psicrométrica evaluada a 585 mm Hg (presión atmosférica de Cuautitlán Izcalli), a una temperatura de bulbo seco de 40°C y humedad relativa de 70%, se obtiene la humedad absoluta a la entrada de $0.045 \text{ kg agua / Kg a.s.}$ con ésta se calcula C_s y H_1

Donde

$$Cs = 0.24 + 0.46 H_1 \quad \triangleright \quad 7$$

$$Cs = 1091.45 \text{ J/Kg a s } ^\circ\text{C}$$

$$Te_1 = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

T_0 = temperatura de referencia 32° F

$$\lambda_0 = 1330 \left(1 - \left(\frac{T_0 + 460}{1165} \right) \right)^{0.38} \quad \triangleright \quad 8$$

$$\lambda_0 = 2511382.2 \text{ J / Kg vapor}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 5. el valor de la entalpía a la entrada es.

$$H_1 = 168.08 \text{ J/Kg}$$

Para conocer la entalpía a la salida, consideramos al sistema como adiabático. $H_1 = H_2$ por lo tanto, $Cs_1 = Cs_2$. y sustituyendo las condiciones de salida en la ecuación 2:

$$H_2 = 218.31 \text{ J / Kg vapor}$$

$$G = \frac{V}{VH} \quad \triangleright \quad 9$$

$$VH = (2.83 \cdot 10^{-3} + 4.56 \cdot 10^{-3} H_1) Te_1 \quad \triangleright \quad 10$$

$$VH = 0.95 \text{ m}^3 / \text{Kg a s.}$$

$$V = v \cdot A \quad \triangleright \quad 11$$

A= área de circulación del aire para la transferencia de calor. (0.026 m²)

$$V = 0.099 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Sustituyendo V y VH en la ecuación 9, obtenemos el flujo masico de aire

$$G = 0.1045 \text{ Kg a.s / s}$$

Sustituyendo los valores de G , H_1 y H_2 en la ecuación 2 calor a suministrar es:

$$Q = 6.44 \text{ KW}$$

Y el número de resistencias a instalar es:

$$\text{Pot. Elec} = vI$$

v = voltaje

I = intensidad

Para un sistema adiabático $Q = vI$

$$\text{No. de Res} = Q / R$$

$$R = 1.5 \text{ KW}$$

$$\text{No. de Res} = 6.44 \text{ KW} / 1.5 \text{ KW}$$

$$\text{No. de Res} = 4.28 \cong 5 \text{ resistencias.}$$

3.1.1.2 CALCULO DE LA POTENCIA NECESARIA PARA EL VENTILADOR

Para conocer la potencia del ventilador se considera una eficiencia de 86% por tratarse de un ventilador de tipo centrifugo, Perry (1980) reporta que la caída total de presión para un secador de charolas, ocasionada por bandejas, calentadores y ductos no sobrepasa generalmente una pulgada de agua, para este caso, se considera que el ahumador es similar a un secador de charolas, y es pequeña, se propone una caída de presión de 0.15 pulgadas de agua. Realizando el cambio de unidades correspondiente y sustituyendo en la ecuación 1 tenemos

$$H_p = \frac{(186.55)(0.08)}{(63.5)(86)} = 0.0025$$

Debido a que la potencia necesaria es muy pequeña y el ventilador con que se contaba era de 1/125Hp, se instaló este último ya en la práctica se tuvo la necesidad de adaptarle un reóstato para disminuir la velocidad, ya que esta era más alta respecto a la máxima necesaria.

3.1.1.3. CALCULO DEL ESPESOR DE AISLANTE

Primeramente se realizo el calculo de la cantidad de calor que sale sin aislante a partir de lo siguiente

Donde:

$$k_{ac\ mox} = 16.22 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{ac\ galv} = 44.98 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$x_{ac\ mox. \text{ calibre } 18} = 0.0009 \text{ mm}$$

$$A \text{ Area de transferencia de calor} = 0.27 \text{ m}^2$$

Por lo tanto la ecuación 3 queda :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{ext.}} + \frac{x}{k_{ac\ m}} + \frac{x}{k_{ac\ g}} + \frac{1}{h_{int}}} \quad \rightarrow 12$$

Sustituyendo los valores tenemos

$$U = \frac{1}{\frac{1}{12.26} + \frac{0.0009}{16.22} + \frac{0.0009}{44.98} + \frac{1}{14.66}} = 667 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{K} \quad \rightarrow 13$$

Sustituyendo la ec. 13 en la ecuación 2

$$Q = [(667)(0.27)(75)] = 13516 \text{ W}$$

Debido a que sin aislante hay perdidas de calor, se decidio instalar 5cm. de de lana de fibra de vidrio como aislante cuya conductividad térmica es 0.04125 W/m °K, se calculo nuevamente la perdida de calor

$$U = \frac{1}{\frac{1}{12.26} + \frac{0.0009}{16.22} + \frac{0.05}{0.0355} + \frac{0.0009}{44.98} + \frac{1}{14.66}} = 0.64 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{K}$$

$$Q = [(0.64)(0.27)(75)] = 1301 \text{ W}$$

Como podemos observar las perdidas de calor se reducen en un 90%, por lo que se decidió utilizar este espesor de aislante

3.1 2 CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

Con base en la tecnología seleccionada se construyó el equipo.

3.1 2 I CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE AHUMADO

Se construyó un cubo de acero inoxidable calibre 18 de 40 x 40 cm. Se dejó una pestaña de 1.5cm. En la parte lateral izquierda se hicieron 64 orificios de una pulgada de diámetro perfectamente distribuidos en la esta cara. en la segunda hilera de orificios se hizo un orificio de una y media pulgada de diámetro, para introducir los termómetros necesarios para medir temperatura. Ver figura 9. En la parte superior se hizo un orificio de 4" para situar la chimenea.

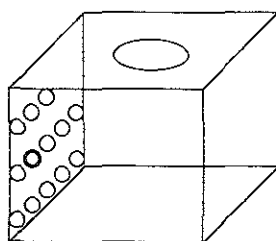


Figura 9 Interior de la cámara

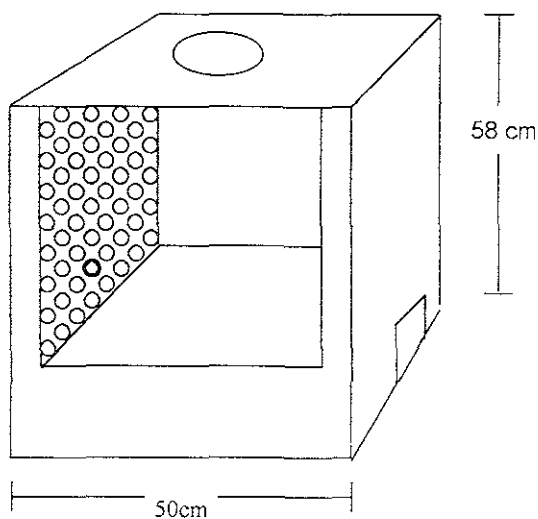


Figura 10 Instalacion de resistencias en el interior

Posteriormente se construyó la segunda parte de la cámara donde se instalaron las resistencias eléctricas y el ducto para conducir la mezcla aire-humo proveniente de el generador de humo. En la parte lateral derecha. se abrió un espacio de 10 x 11cm

Para la entrada de la mezcla aire humo en la parte inferior se colocó un canal para conducir la mezcla de tal manera que pase sobre las resistencias, como se observa en la figura 10, se dejó un espacio para circulación de la mezcla aire-humo de 5 cm

Finalmente se construyó la carcasa de la cámara, se empleó acero galvanizado calibre 18, dejando 5 cm. en cada lado para colocar el aislante, en la parte inferior se dejaron 10 cm Para instalar los interruptores de corriente y el control de termostato; como se muestra en la figura 11

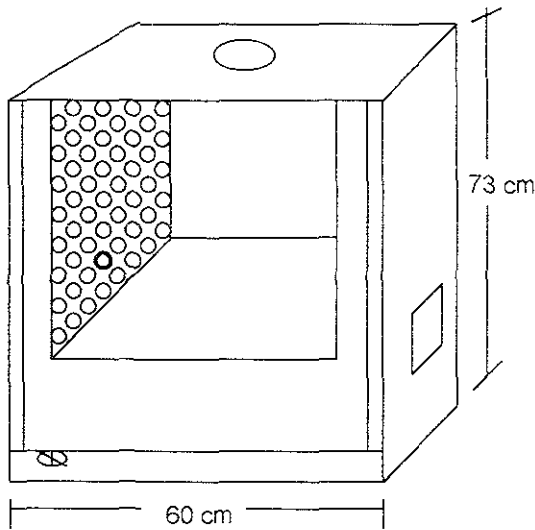


Figura 11 Cámara de ahumado

3.1.2.2.- Generador de humo.

Para la construcción de este se empleo la base de un hervidor, y sobre del mismo se colocó un cono truncado de acero galvanizado calibre 18, con un

diámetro inferior de 12 pulgadas y un diámetro superior de 4 pulgadas y con una altura de 30 cm, como se observa en la figura 12.

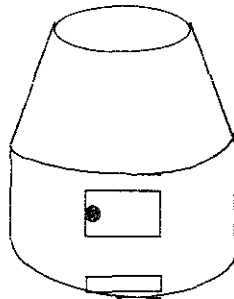


Figura 12 Generador de humo

3 1 2 3 Accesorios e instrumentos

Para la chimenea se utilizó una alpargata de 4 pulgadas, y en su interior se colocó un disco del mismo diámetro para regular el flujo, con la finalidad de ventilar la cámara durante el segundo período de ahumado, para evitar que la humedad absorbida por la mezcla se condensara dentro de la cámara y no disuelva la capa de proteína coagulada, (esta capa hace que se absorban los compuestos del humo) (Forest, 1969)

Se colocó un extractor de aire de 1/125 Hp, de 5x4", para conducir la mezcla aire-humo del generador de humo a la cámara de ahumado.

Termostato Las medidas de la temperatura constituyen una de las mediciones mas importantes que se efectúa en los procesos industriales. Las limitaciones de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesario. Para esta aplicación se utilizó un termostato que opera en un intervalo de 30-100°C. con una precisión de 10°C, el cual consiste esencialmente en un bulbo conectado por un capilar a un espiral, cuando la temperatura del bulbo cambia el gas o el liquido se

expanden y manda la señal al circuito, éste a su vez abre el circuito para que no pase corriente a las resistencias. (Creus, 1992)

3.2 CARACTERIZACION FISICA Y EXPERIMENTAL

Una vez construido el equipo se procedió a probar su funcionamiento partiendo de una caracterización física y experimental del mismo, con la finalidad de obtener niveles de operación en cuanto a temperaturas y velocidad de la mezcla aire-humo, y el manual de operación.

3.2.1 CARACTERIZACION FISICA

Descripción del equipo

Es un ahumador con calor integrado, de operación discontinua por convección, con una capacidad de 500 g de materia prima por ahumar. La cámara de ahumado es de acero inoxidable en la parte interior y tiene 5 cm de material aislante, el exterior es de acero galvanizado, la puerta es de una sola hoja elaborada del mismo material que la cámara. La mezcla aire humo entra por los orificios situados en la parte lateral izquierda de la cámara, posee una chimenea de 4" de diámetro para regular el flujo de salida de la mezcla, en el interior tiene unos ganchillos para colocar la muestra. Está provisto de un extractor centrífugo de 1/125 Hp el cual obliga a la mezcla a pasar por las 5 resistencias de nicromel que se encuentran en la parte inferior de la cámara, mismas que elevan la temperatura de la mezcla hasta la indicada por el termostato (30-100°C según la temperatura indicada)

El generador de humo esta separado de la cámara de ahumado una distancia de 45 cm. En la unión del ducto del generador con el ventilador tiene colocada una malla de acero inoxidable que se cambia cada 5 corridas, esta malla sirve para filtrar la mezcla (se retienen las partículas de hollín de la combustión) evitando así problemas higiénicos y de limpieza, tiene un orificio de dos y media pulgadas para la toma de muestras de humo y analizarlas, este humo se recibe en un frasco que contiene 500 ml de agua destilada, debido a que el compuesto que se desea estudiar es soluble en agua, misma que se cambia cada corrida.

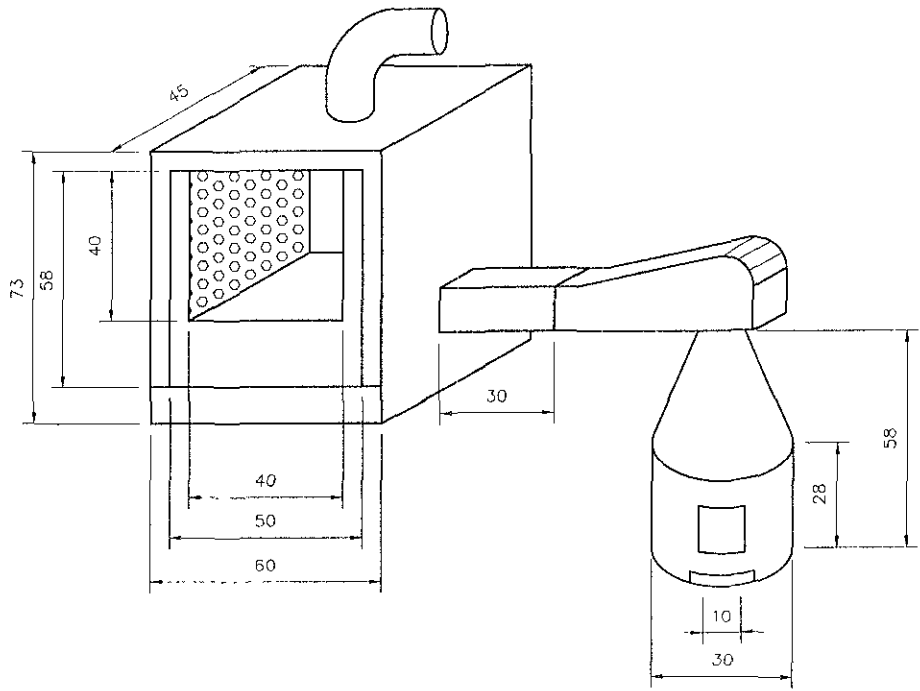


Diagrama Isométrico
Del Equipo

F.E.S.C. – U.N.A.M.

Elaboró:	Revisó	Esc:
E.V.M.	E.V.M.	1:10
		Acot: cm.

3.2.2 CARACTERIZACION EXPERIMENTAL

Como podemos observar en el cuadro 10 la máxima velocidad alcanzada es de 5.5 m/s , y para el presente estudio se requiere una velocidad máxima de 4.6 m/s (Neave1986) es necesario que el ventilador trabaje solo al 70%

%	v (m/s)	%	v (m/s)
10	0.0	60	4.5
20	1.4	70	4.7
30	2.3	80	4.9
40	2.9	90	5.2
50	4.1	100	5.5

Cuadro 10 Velocidad con respecto a % de reostato

Para la caracterización térmica, en el cuadro 11 se reportan las temperaturas registradas cada 10 min Utilizando solo las resistencias sin hacer pasar humo. El termostato se colocó en 60°C.

θ (MIN)	T °C
0	10
10	20
20	30
30	40
40	47
50	52
60	55
70	60

Cuadro 11 Aumento de la temperatura del equipo en función del tiempo

Como podemos observar en el cuadro 11, el aumento de la temperatura es de 10°C en un principio, posteriormente es de 3 a 7°C el tiempo que tarda en llegar a la temperatura indicada es largo debido a que la prueba se realizó en invierno, el aire ambiente es frío (4-10 °C), existe viento; y éstas pruebas se hicieron en la intemperie Solo se hizo para la temperatura de 60°C porque para los procesos de ahumado en caliente es necesario precalentar la cámara a 60°C sin humo, y una vez precalentada entra humo con una temperatura superior a la del aire ambiente lo que ayudar a aumentar la temperatura de la mezcla, con el consecuente ahorro de energía eléctrica. La temperatura

máxima que alcanza con la mezcla aire-humo y las resistencias encendidas es de 100°C como fue diseñada, dicha temperatura es alcanzada 30 min después del precalentamiento

3.2.3 MANUAL DE OPERACIÓN

- 1.- Poner entre el generador de humo y el ducto que dirige el humo a la cámara la malla filtrante para evitar que pase el hollín.
- 2.- Cerrar la chimenea totalmente
- 3 - Conectar el termostato y ponerlo en posición *ON* de encendido, especificar en el termostato la temperatura de precalentamiento y esperar a que la temperatura sea la indicada (10-100 °C)
- 4.- Colocar los termómetros bimetálicos (a) y de mercurio (b,c) para tomar las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo en la cámara: así como la de la mezcla aire-humo a la entrada.
- 5.- Conectar el ventilador al reóstato, y éste a la corriente eléctrica (especificando el %)
- 6.- Colocar la madera, previamente acondicionada en el generador de humo
- 7 - Colocar el producto en el interior de la cámara de ahumado; a este se le puede colocar un termopar o bien un termómetro bimetálico para conocer la temperatura en el interior del mismo, en el caso que se coloque un termopar conectarlo a una caja registradora de temperatura.
- 8.- Encender fuego a la viruta por la parte inferior del generador de humo y dejar que se genere el humo
- 9 - Al finalizar la experimentación apagar el termostato y el reóstato desconectar el equipo. Limpiar perfectamente la cámara de combustión, así como el interior de la cámara de ahumado con un trapo húmedo

3.2.3.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN.

- El equipo puede operar en frío y en caliente. cuando se desee operar en caliente se encienden las resistencias, la temperatura máxima que alcanza es de 100 °C.

- La velocidad mínima de la mezcla aire-humo es de 1.4 m /s y la máxima de 5.5 m /s, dependiendo del producto que se desée procesar se selecciona la velocidad con el reostato.
- Para precalentar la cámara a 60 °C el tiempo es aproximadamente de 30 min dependiendo de la temperatura del medio ambiente.
- La capacidad de la cámara es de 500 g. de producto.

3.3. PRUEBA DEL EQUIPO

La chuleta se introdujo a la cámara de ahumado previamente calentada a 80 °C en donde permaneció por tres horas (tiempo que tardo en llegar a 65 °C) y se mantuvo a esta temperatura por media hora, durante el proceso se tomaron lecturas de.

⇒ Temperatura de bulbo seco y húmedo en el interior de la cámara de ahumado con la finalidad de checar la humedad relativa, debido a que esta, para un proceso de ahumado en caliente debe estar en un intervalo de 40-70% para que se pueda llevar a cabo la absorción de los compuestos del humo (Heinz, 1980)

⇒ Temperatura del interior de la chuleta, con la finalidad de comprobar la cocción, en este caso debido a que se trabajó con carne de cerdo se dejó que la temperatura del interior llegara a 65 °C y se mantuvo por media hora (Price ,1979).

⇒ Se tomaron muestras de humo en frascos provistos de 500 ml de agua para determinar el contenido de fenoles.

⇒ Se saco la pieza y se coloco en un recipiente limpio y hermético. Se prepararon las muestras para realizar los análisis posteriores de contenido de fenoles, humedad y color de acuerdo a la técnica expuesta en el capítulo II

⇒ Finalmente, se tomaron las muestras de producto para determinarles humedad, color y contenido de compuestos fenolicos

Lo anterior se hizo para los tres niveles de variación de humedad de la madera.

3.3.1 Determinación de compuestos fenólicos

Se determinaron a la materia prima obteniendo resultados negativos, es decir no hay presencia aparente de acuerdo con la técnica empleada de compuestos fenólicos.

En cuanto al humo generado a los tres niveles de variación se observa en los datos reportados en el cuadro 12 que el humo generado con madera de 20% de humedad es el más rico en contenido de compuestos fenólicos, mientras que a medida que se aumenta dicha humedad disminuye la cantidad de estos compuestos; lo que corroboraría en primera instancia la hipótesis propuesta, puesto que si existe una dependencia de la cantidad de compuestos fenólicos respecto al contenido de humedad de la madera.

HUMEDAD (%)	FENOLES (mg)
20	111.6
25	104.9
30	100.9

Cuadro 12 Comparación de compuestos fenólicos del humo con respecto a la humedad de la madera

Con respecto a los productos obtenidos y a la muestra comercial, la técnica empleada aunque afecta en los resultados, es de gran utilidad para acercarnos al valor real de compuestos presentes y no tanto a la determinación de que tipo de compuesto(s) se trata, dado que no se cuenta con un cromatógrafo.

PRODUCTO	CONT. FENOLES (mg)
Chuleta fresca	0
Prod. Comercial	18.95
Prod Exp 1 (20%)	17.86
Prod Exp. 2 (25%)	15.08
Prod Exp. 3 (30%)	13.75

Cuadro 13 Cuadro comparativo de contenido de compuestos fenólicos en el producto comercial y experimental

Se puede observar en el cuadro 13, que efectivamente el producto tratado con humo generado con madera de 20% de humedad presenta el mayor contenido de compuestos fenólicos. Lo cual lleva a la conclusión de que la humedad de la madera altera cuantitativamente los compuestos volátiles presentes en el

humo causando efectos en los productos. Con esto se comprueba la hipótesis propuesta.

3.3.2 Medición de color

Se evaluó experimentalmente el color en la superficie de la pieza de chuleta ahumada. Se tomó como base el color café marrón establecido en la norma para productos ahumados, este tono queda en la escala L a b entre el tono amarillo (90) y el tono rojo (0), pasando por el tono naranja (45).

PRODUCTO	LUMINOSIDAD [L]	CROMA [C]	TONO [$\tan^{-1}(a/b)$]
Pod Comercial	62.2	9.25	43.16
Prod. Exp. 1 (20%)	42.31	16.6	45.68
Prod. Exp. 2 (25%)	37.6	16.4	47.82
Prod. Exp. 3 (30%)	39.65	23.0	40.49

CUADRO 14 Comparación de luminosidad, cromas y tono de los productos ahumados

En el cuadro 14 se observa que el producto comercial presenta un tono anaranjado-rojo con una luminosidad alta, es decir el producto es brillante. Esto se corrobora en la figura 14 del anexo 2.

La formación del color en la superficie se debe principalmente a dos factores, el primero son los constituyentes cromáticos del humo al igual que los precipitados que caen en la superficie y su combinación con el producto, el segundo factor son los cambios químicos que ocurren en los pigmentos de la carne durante la fijación de color, causada por los agentes reductores del humo.

Los compuestos activos en el humo primero se difunden en agua antes de reaccionar con los grupos amino de las proteínas. La difusión de compuestos provoca el desarrollo de color café en la superficie. En el ahumado con humo de baja humedad relativa no es fácil obtener un buen color en la superficie del producto.

Los productos de reacción se polimerizan para formar compuestos condensados que aportan un cambio de matiz (color) del amarillo brillante al café oscuro.

La concentración de color está en función de la densidad del humo, y de la relación superficie / volumen que hace contacto con el alimento, así como del tiempo de exposición. La superficie debe encontrarse lo suficientemente húmeda para absorber gases y lo suficientemente seca para permitir que los componentes del humo reaccionen en la superficie después de la difusión a través del producto. Por lo anterior, se puede observar que el producto obtenido de madera con 25% de humedad es el que presenta un tono que tiende más al amarillo, debido a que la humedad de la madera influye en la humedad relativa de la cámara provocando que haya mayor condensación de agua en la superficie y la difusión de los compuestos no se dió como debería, por lo que se obtuvo dicha tonalidad. Para el producto 1 se observa que el tono está en naranja y comparándolo con el comercial es el que más se acerca a éste en cuanto a tono. Con respecto a la luminosidad, el producto 1 presenta mayor luminosidad que los otros dos.

3.3.3 Determinación de humedad

La humedad se determinó por termobalanza, obteniendo los resultados que se presentan en el cuadro 15, se observa que si existe una pérdida de humedad en los productos con respecto a el producto fresco, aunque es mínima esto es debido a que el humo transporta humedad de la madera. Además de que la humedad relativa se mantuvo entre un 35-50% durante el proceso. Si se compara la humedad de los productos experimentales con el comercial se observa que no difieren en gran medida de éste último y si se compara con la Norma Oficial Mexicana para entrecot ahumado (1969) que establece una humedad de 65%, se observa que el producto experimental 2 cumple con dicho parametro, y los otros dos no difieren en gran medida. Por lo que que en cuanto a la humedad se refiere puede decirse que el proceso es favorable.

PRODUCTO	% HUMEDAD
Chuleta fresca	67.8
Prod. Comercial	63.8
Prod. Exp 1 (20%)	61.7
Prod. Exp. 2 (25%)	65.2
Prod. Exp 3 (30%)	60.5

Cuadro 15 Contenido de humedad de los productos experimentales

3.4 PROPUESTA DE APLICACIÓN EN LEM V ALIMENTOS

Debido a que en los proyectos de LEM V Alimentos, se estudia la transferencia de masa y durante el ahumado el contenido de humedad de la madera utilizada para generar el humo, influye tanto en la cantidad de compuestos fenólicos presentes en el humo como en las características de los productos ahumados. es posible hacer un estudio acerca de la transferencia de masa por difusión de los compuestos fenólicos en el producto y de la humedad del producto final.

Para realizar un estudio detallado de transferencia de masa se requiere ~~les~~ experimentar con otros niveles de variación: se propone variar la humedad relativa, la temperatura de ahumado y tiempo de residencia del producto en la cámara, la velocidad de la mezcla aire humo, humedad, y tipo de madera.

Así mismo se recomienda realizar una experimentación con otros productos (*salchicha, chorizo, tocino, quesos, entre otros*) de los cuales se tomen muestras durante el proceso y hacerles las determinaciones correspondientes de humedad, contenido de fenoles, y medición de color para verificar la difusión de los compuestos y hallar una ecuación representativa de esta operación siguiendo el modelo de difusión de Fick. Las determinaciones de fenoles y de HAP se deben realizar con un cromatógrafo de gases para tener datos más precisos, y compararlos con estándares existentes

Dado que aún no existe en la Norma Oficial Mexicana para entrecot un límite para compuestos fenólicos e hidrocarburos aromáticos policíclicos los resultados de estas experimentaciones se podrían aplicar para proponer dichos parámetros, así como condiciones de proceso.

CONCLUSIONES

Este equipo, tiene un control en la temperatura interior de la cámara que lleva la mezcla aire-humo de temperatura ambiente hasta 100 °C cuando el equipo está en operación, el control sobre la velocidad del aire permite tener un amplio intervalo de velocidad que va de 1.4 a 5.5 m/s, el espesor de aislante seleccionado cubre las necesidades de disminuir las pérdidas de calor

Determinación de fenoles.

El contenido de humedad en la madera utilizada para generar el humo, influye en la cantidad de compuestos fenolicos presentes en el humo y en los productos ahumados

Determinación de humedad

Se observo que hay una perdida de humedad mínima con respecto a la humedad inicial del producto de 67.02% - 65.2%, y la norma oficial mexicana para entrecot establece una humedad de 65% la cual fue alcanzada por el producto experimental 2.

Medición de color

El producto que resulto tener un tono similar al comercial fue el obtenido con humo de madera de 20% de humedad.

Se considera que el equipo puede ser utilizado para el estudio de la transferencia de calor y masa, durante el ahumado de un determinado producto en el LEM V - Alimentos, debido que los productos obtenidos si presentan cambios de concentración de compuestos y de color, durante el proceso se observo que si hay cambios aunque estos no fueron medidos

Recomendaciones

Se recomienda realizar una experimentación con otros productos (salchicha, chorizo, tocino, quesos, entre otros) de los cuales se tomen muestras durante el proceso y se hagan las determinaciones correspondientes de humedad, contenido de fenoles, y medición de color para verificar la difusión de los compuestos, con el objeto de hallar una ecuación representativa de esta operación siguiendo el modelo de difusión de Fick. Las determinaciones de fenoles y de HAP tendrían que hacerse con un cromatografo de gases para tener datos más precisos, y compararlos con los estándares

Así mismo se recomienda realizar experimentos con diferentes cantidades de material a ahumar, así como de material de combustión e instalar un pirómetro para controlar la temperatura de combustión.

ANEXO 1

1. PROCESOS DE ELABORACION DE PRODUCTOS CARNICOS AHUMADOS

A) ELABORACION DE JAMÓN COCIDO

Se denomina jamón al producto elaborado con la pierna trasera del cerdo, separada transversalmente del resto del costado en un punto no anterior al extremo del hueso de la cadera, excluyendo la carne picada o triturada, la carne debe curarse y puede tratarse con especias, sustancias aromáticas y ahumarse. El tratamiento térmico y de curado deberán ser suficientes para asegurar que el producto no represente un riesgo para la salud de los consumidores y se mantengan sin alteración durante su almacenamiento, su transporte y su venta.

Descripción del proceso.

Preparación y tenderizado: a la pierna deshuesada, se le quita el exceso de grasa, los tendones, los ligamentos y coágulos de sangre (se trocea en porciones de 150 g aprox., posteriormente se hace pasar a través de los rodillos de la máquina tenderizadora recibiendo al final de esta en un recipiente preferentemente de acero inoxidable. Esto es con la finalidad de rayar la superficie del músculo a fin de aumentar la superficie de extracción de proteínas, romper membranas y fibras superficiales y facilitar la absorción de salmueras preparadas

Curado: esta operación puede ser en seco por flotación, húmedo por inmersión inyección, combinado con masajeado; las piezas se colocan en la tina masajeadora adicionando 300 ml de salmuera por cada Kg. de carne limpia de grasa, dando un ciclo total de masajeo de 16 hr. con lapsos de reposo de 30 min. por hora de masajeo

Se colocan en una cámara de refrigeración a 4° C por un intervalo de 16 a 24 Hr. Se realiza en una máquina de masajeo intenso o bien con una máquina de masajeo al vacío. Se realiza un lavado para eliminar de la superficie las proteínas solubles y sales curantes que no se absorbieron. Se emplea agua fría por un tiempo de dos horas.

Moldeado y Embutido: el moldeado se realiza con malla o bien con molde metálico, el embutido se realiza con una embutidora que puede ser de pistón o una continua. La cantidad de carne depende de las dimensiones de la funda o molde, se llena completamente el molde tratando de que no queden huecos entre la carne se doblan los extremos de la funda (engrapado).

Cocción: puede ser con agua caliente o con vapor la cocción, se realiza colocando el molde a baño María con agua a 80° C, el molde se coloca de tal manera que el agua lo cubra completamente, el tiempo se calcula de la siguiente manera: una hora por cada kg. de carne; se considera que la operación finaliza cuando la temperatura del centro del jamón es de 68 °C Para verificar la temperatura del centro, se saca el molde del agua y se le toma la temperatura con un termómetro de carátula. Este proceso se realiza con una cámara de cocimiento / ahumado la cual puede ser de diversas capacidades.

Desmoldado: Cuando el producto ha alcanzado una temperatura de 68° C se saca el molde del baño María, se saca la pieza del molde con agua caliente o con vapor. Se voltea dentro del mismo molde y se vuelve a tapar presionando la tapa. El molde se coloca en refrigeración a 4 °C.

Maduración: esta operación consiste en mantener el jamón ya como producto terminado a una temperatura de 0 a 4 °C, con una humedad relativa de 80 a 85 %, durante este lapso de tiempo (24 hr) se debe tener un control de pH, que no debe pasar de 6.2.

Empaquetado: la mejor forma de hacerlo hasta el momento es empleando empaque al vacío con películas resistentes a impactos y a la humedad. Este empaquetado debe realizarse a temperaturas bajas, no más de 8 °C. Refrigeración: de 0 a 4 °C, en almacenamiento (FESC 1994)

B) ELABORACIÓN DE SALCHICHAS

Salchichas: se define como una emulsión cárnica a base de carnes de res y cerdo, en sus múltiples variedades es el producto cárnico más representativo de los embutidos cocidos no sólo por su volumen de producción y por lo tanto de consumo si no tanto

por sus características fisicoquímicas y sensoriales. La formación de la emulsión cárnica depende de factores como: la cantidad de grasa, la temperatura de emulsificación, el tamaño de la partícula de grasa, el pH, la presencia de emulsificantes, la cantidad y tipo de proteínas, etc.

Descripción del proceso.

Recepción: se realiza en tinas de acero inoxidable a temperaturas de 0 a 4° C se verifica que la carne no presente coloraciones verdes o grisáceas, que no esté golpeada ni sucia y que el empaque en el cual se ha recibido venga en buenas condiciones.

Troceado: esta operación se realiza en una fracción gruesa en dos etapas: la primera es molido con cuchillas, la segunda es con molino de tornillo y criba, el tamaño final deseado es de 8 mm.

Mezclado y molido: se realiza un premezclado de carne de res y cerdo, sales curantes (mezcla de sal de mesa, polifosfatos, glutamato monosódico, ligantes, y nitratos-nitritos), hielo o agua, y soya texturizada hidratada. Se pone a funcionar la picadora durante 7 min. La temperatura debe ser menor a 12 °C. La grasa se incorpora a la mitad de la operación y al picarse es encapsulada por la proteína, formando una emulsión. La operación se realiza en una máquina cortadora cutter, que es un molino de cuchillas. Se desea la extracción de proteína soluble de las dos carnes y la formación de la emulsión.

Refrigeración (reposo): se realiza en cámaras frigoríficas, con la emulsión en tinas de acero inoxidable durante 15 hr. a 4 °C.

Mezclado 2: se pasa nuevamente la mezcla a la cutter, agregando el resto de los ingredientes, como colorantes y féculas, condimentos y especias, permitidos por la norma.

Embutido. la pasta se coloca en el fondo de la embutidora provista de una boquilla de 1 cm de diámetro para salchichas tipo Viena y extendida con soya, y para la Frankfurt con boquilla de 2 cm. se procede a embutir en tripas de celulosa o celofán, la Frankfurt se hace en tripa natural. La salchicha Viena y la extendida con soya se fracciona cada

12 cm y la Frankfurt cada 15 cm. Puede realizarse en embutidos verticales con o sin vacío.

Ahumado/cocción: el ahumado puede realizarse en forma sintética, mediante la inyección de " humo líquido", o en una cámara de ahumado con humo natural. para este caso las condiciones: a 35° C por 10min., elevarse la temperatura a 70 °C por 20 min. , elevar la temperatura a 80° C por 20 min. La pérdida por desecación debe ser inferior a 10 %. En el caso de humo líquido, éste es asperjado con aire caliente a 80° C se asperja salmuera y agua fría en un intervalo de 0-6° C, el tiempo total es de 1 hr y 12 min. Las salchichas se colocan en una paila para su cocimiento. esto se hace en agua caliente a 72 °C durante 20 min. para la Viena y la extendida con soya, y 30 min. para la Frankfurter Con el cocimiento se coagula la proteína, se gelifica el almidón y se desarrolla el color

Enfriado: el producto terminado se enfría antes de ser empacado en una cámara de refrigeración a 4°C. con la finalidad de deshidratar la capa superficial de la salchicha y se forma una costra, la funda de celofán se despegar, para el caso de la salchicha Frankfurt esto no sucede, debido a que la tripa es natural

Empaquetado. Se elimina la tripa con una fuerza de cizalla y vacío, se emplean para el empaquetado bolsas de saran, nylon, poliéster de preferencia termoencogibles

Almacenado: las charolas de plásticos colocan en cámaras de refrigeración a 4-6° C.(FESC 1994)

C) ELABORACION DE TOCINO

Se define como un producto cárnico salado y ahumado En el tocino la sal tiene una doble función, por una parte actúa como conservador y por otra contribuye al sabor del producto, para mejorar las propiedades sensoriales se pueden adicionar sales de nitratos y nitritos, y algunas especias como canela, clavo, mejorana, nuez moscada. etc. El salado se puede realizar tanto en seco como en húmedo en el primer caso la carne se frota con la sal para eliminar el agua y en el segundo la sal y demás ingrediente de la salmuera se disuelven en agua y se inyecta esta solución

En México las piezas destinadas a la elaboración de tocino se les denomina simplemente tocino, los cuales deben estar perfectamente limpios y con un grosor de no menos de 3 cm.

Descripción del proceso.

La salmuera se prepara mezclando todos los ingredientes. La pieza de tocino se frota vigorosamente con la quinta parte de la salmuera y se deja reposar de 20 a 30 min. a temperatura ambiente, posteriormente se separa la salmuera y se frota con la mezcla seca. Se deja reposar en las mismas condiciones y se repite una vez más esta operación. Después se coloca la pieza salada en una cámara de refrigeración a 4 °C durante 3 semanas, se recomienda durante este tiempo observar la condición de la salmuera: si esta muy húmeda se retira y se frota nuevamente con salmuera seca. En estas condiciones la penetración de los ingredientes de la salmuera se favorece por los cambios de la presión osmótica causada por las sales.

Después de 3 semanas se considera que la etapa de salado esta terminada, la pieza de tocino se lava con agua tibia y se frota con un cepillo para eliminar las sales cristalizadas en la superficie. Se coloca la panceta salada en el ahumador, y se genera el humo por la combustión incompleta de serrín o virutas de madera no resinosa. El tiempo de ahumado es de minutos o de horas dependiendo del tipo de ahumado (en frío o en caliente) del tamaño del ahumador, del producto, de las condiciones de ventilación, del lote, etc. Se considera que la etapa de ahumado está terminada cuando se alcanza el color dorado característico de ésta clase de productos (FESC 1994)

D) ELABORACION DE CHORIZO

Se le define como un embutido crudo-picado a base de carne de res y cerdo, es un embutido de corta o media duración (de 2 a 4 semanas) elaborado con carne de res y cerdo, adicionada con sal, especial, y otros condimentos. La pasta se embute en tripa natural o artificial y se somete a un proceso de maduración. Durante esta etapa se desarrollan los olores y sabores típicos de estos productos, las partículas de carne se aglutinan y la pasta se enrojece. El chorizo puede tener o no una etapa de ahumado para mejorar sus propiedades sensoriales, en la actualidad existen en México una

gran variedad de chorizos, algunos de ellos con nombres regionales que gozan de amplia aceptación.

Descripción del proceso.

Se prepara la formulación de un chorizo común o de acuerdo al tipo que se va a elaborar: español, cantimpalo, con soya, etc

Molienda: la carne de res, cerdo y lardo se pasan una vez en un molino para carne usando una placa de 6 mm. de abertura

Mezclado: las carnes y la grasa molidas se mezclan con el resto de los ingrediente de la formulación, ésta operación puede hacerse en una mezcladora eléctrica durante dos a tres min., si se carece de una mezcladora se puede hacer de forma manual, extremando las medidas higiénicas. Es muy importante que en la etapa se mantenga la pasta a temperaturas inferiores a 10 °C, si la temperatura es mayor la grasa se funde y se afecta la consistencia al corte del producto final en virtud de que se pierda la trabazón de la pasta al quedar trozos de carne envueltos en grasa fundida.

Reposo: la masa cárnica se deja reposar 24 hr a temperatura de 4- 10 °C

Embutido: Transcurridas las 24 hr. la pasta se mezcla durante 5 min. y se compacta para eliminar burbujas de aire antes de colocarla en la embutidora la masa cárnica se embute en tripas naturales de intestino delgado de cerdo o en tripas sintéticas de 6 a 8 mm. de diámetro. Se recomienda no tocar la pasta con las manos húmedas por que se propicia el ataque microbiano y manchas de color gris, la embaidora debe estar provista de una boquilla de 2 cm de diámetro, se embute la pasta evitando que quede aire dentro de la tripa o funda.

Atado: la presentación del chorizo normal, tipo español y con soya es de piezas de 10 cm de largo, la de tipo cantimpalo de 20-23 cm. Para atar se usa cordel de cáñamo resistente.

Maduración: la maduración se lleva acabo en cámaras a 20 °C durante un tiempo mínimo de dos días con circulación de aire. Si se carece de cámaras especiales, la maduración se puede realizar a temperatura ambiente durante 3 a 4 días.

Ahumado: el ahumado se realiza 2 horas sin humo y 18 hr. con humo a 50 °C , 6 hr con humo a 52°C con la chimenea medio abierta , 6 hr con humo a 60° C con chimenea abierta (FESC 1994)

E) ELABORACION DE CHULETAS CRUDAS - AHUMADAS.

Se define como la elaboración de chuleta a partir del lomo y de 5 cm de costilla de cerdo. A partir de un costillar cuyas costillas han sido recortadas en una longitud de 4-6 cm después de su inserción con las vértebras se prepara este producto de origen animal salado, en seco o mixto (frotado o salmuereado) y ahumado semi-intenso.

Maquinaria y equipo:

- Ahumador
- Inyector de salmuera.
- Ganchos
- Charolas de acero inoxidable.
- Cámara de refrigeración.

Formulación

Ingredientes

	Cantidad.
Agua	87.2 ml
Sal	6 1g
Azúcar	2 2 g
Cura premier	3 g
Condimento california	0 52 g
Hamine	0.43 g
Buen sabor	0 34g
Salox	0.17 g

NOTA. Para la elaboración de la salmuera se prepara un 10% del peso de la carne procesada.

Detalles del proceso.

Salado después de preparar el costillar del mismo modo que si se fuera a destinar a su venta en fresco, pero con las costillas recortadas a menor distancia de su inserción y pulir la pieza despojandola de trozos grasos, se pasa al salado que puede ser realizado en varias formas: con inyección previa de salmuera y salmuereado posterior:

o bien con frotado en seco y salmuereado o únicamente salmuereado. Todas las operaciones se han de realizar en cámaras frías. Cuando se desea inyectar, se realizará la operación a partir de un 33% del peso de la carne y a una presión que no excesiva para conseguir una pieza de textura firme.

Descripción del proceso.

La salmuera se prepara disolviendo la sal y demás ingredientes en agua.

La salmuera se refrigera durante 12-18 hr. a una temperatura de 2-4 °C

Cuando se va a procesar la carne, se sacan del refrigerador y se limpia de la grasa sobrante. Se inyecta una cantidad de salmuera fría, igual al 33% del peso de cada pieza, a todo lo largo de la pieza. Se dejan curar las piezas durante 4 días a una temperatura de 3° C cada 24 hr. se cambian las piezas de posición y se mezcla bien la salmuera. Se amarra un hilo a uno de los extremos para su manipulación

Las piezas se lavan con agua tibia y se cepillan para eliminar el exceso de la salmuera

Posteriormente la pieza se cuelga a una percha y se deja secar a una temperatura de 20° C durante 2 a 4 hrs

Ahumado: se precalienta el cuarto de ahumado a temperatura de 60 °C Se ahuman las piezas durante 30 min. con chimenea cerrada. Se baja la temperatura a 50 °C y se dejan ahumar las chuletas a esta temperatura por una hora Se vuelve a bajar la temperatura a 35°C y las chuletas se dejan ahumar, durante 30 min introduciendo humo frío. Si se desea una coloración más intensa, se aumentan la intensidad del humo y el tiempo de permanencia.

Las carnes que han estado sometidas a un proceso de salazón larga se ahuman a temperatura más bajas que las carnes que se han sometido a la salazón rápida o por inyección arterial o intramuscular. Las carnes preservadas que se ahuman a temperaturas bajas, se les deja secar colgadas en secaderos especiales o bien durante el periodo de iniciación en el ahumadero Después de que han sido secadas, se someten a la acción del humo a temperaturas que rápidamente se elevan hasta

alcanzar los 60 °C , esta temperatura se mantiene en el ahumadero hasta que la temperatura interna de la carne alcanza los 44 °C. Después del período de ahumado a temperaturas altas, la temperatura del ahumadero se hace descender aproximadamente a 49 ° C, y se mantiene por el resto del ahumado. Durante este período se cierran o casi se cierran los ventiladores del ahumadero para producir un humo denso en todo el recinto.

Se verifica que la temperatura interna de los productos ahumados de cerdo, no suba al punto en el cual la carne adquiriera un aspecto de cocido. Se requiere un calentamiento mayor de la carne de cerdo para alcanzar una temperatura interna de por lo menos 60 ° C para destruir cualquier triquina viva., ya que la carne de cerdo que tenga apariencia de cocida puede ser ingerida sin un cocimiento posterior.

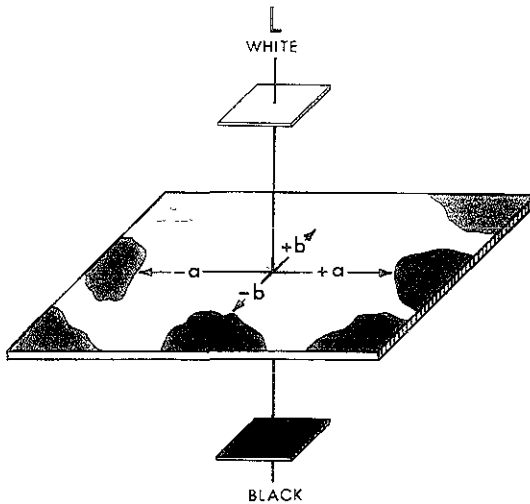
Las carnes preservadas por inyección intramuscular o arterial se sujetan aun proceso de calentamiento en el ahumadero para producir carne tierna y carnes ahumadas listas para comer.

La práctica usual es alcanzar una temperatura interna de alrededor de 60 ° C para lograr el ablandamiento del producto, el cual será cocido por el consumidor antes de ser servido. las carnes ahumadas listas para comer se les eleva su temperatura interna alrededor de los 60 ° C y el punto frío debe registrar una temperatura de 66 ° C. Las carnes ahumadas listas par comer se les pasa directamente del ahumadero a una cámara de refrigeración donde permanecen colgados a una temperatura de 4.4 ° C. Estos productos se congelan. (Pnce 1979, Heinz 1980 FESC 1994)

ANEXO 2

En la figura 14, se muestra la carta de colores L a b, cada eje tiene un valor que va de 0 – 100 tanto negativo como positivo, el eje L corresponde a la luminosidad, el eje a corresponde al tono rojo el cual esta en 0° y b al tono amarillo que esta a 90°.

A partir de las ecuaciones que se muestran en la pagina 49, se conoce el croma y el tono real del producto

 L_L, a_L, b_L COLOR SPACE


GARDNER LABORATORY INC.

5521 Landy Lane/Box 5728
Bethesda, Maryland 20014 USA
(301) 656-3600 Telex 089-417

Figura 14 Carta de colores L a b

BIBLIOGRAFIA

1. Alonge. S. 1988. "Carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PHA) determined in Nigerian kundi (smoked dried meat)" Food Tech. Abs. 6. (20)
2. Baltes W 1982 "Recent development in food analysis, proceeding on European conference on food chemical" Rep. Fed. Alem.
3. Brandly . P 1975. "Higiene de la carne. Compañía Editorial Continental. México
4. Bogstrom. G. 1971. "Fish as food" Vol. 3. Academic Pres. U S A.
5. Minolta 1993. Característica precisa del color Minolta Germany Manual del usuario
6. Creus. S A 1992. "Instrumentación industrial". 4ª ed Alfa-Omega Marcombo
7. Considine. D. M. 1979. "Manual de instrumentación aplicada" Tomo 1. CECSA .México.
8. Coyne Electrical School. 1987. "Manual de equipo eléctrico y electrónico. Conservación y aplicaciones ". UTEHA. México.
9. Daun. H. 1978. " Interacción of wood smoke componets and foods" Food Tech Mayo
10. Degendre E., Desfaudais M, 1997. "Smoking unit with a single somke generator and separate smoking chambers and with cooling of the smoking chambers and the smoke. (Patent)" Food Tech. Abs. 2 (29)
11. Galeana. 1994. "Efecto de la congelación de fresa y brocoli sobre la textura y color" UNAM-FESC.
12. Gálvez M E. 1996 " Desarrollo de un método FIA (análisis por inyección en flujo) para la determinación de fenoles" Tesis Q. en A. UNAM. Fac Quím.
13. Geregeter G. 1997 " Controlled smouldering smoke generator (Patent)" Food Tech Abs. 5 (29).
14. Girard. O 1991 "Tecnología de la carne y de los productos cármicos." Acribia Zaragoza, España.
15. Chester L D. 1981 "Electricidad industrial" 2ª ed. Reverte. Barcelona España

17. Chohey. N. P. 1990 "Manual de cálculos de ingeniería química" 2ª ed Mc Graw Hill.
18. Hall, Jr. A. 1981 "Teoría y problemas de diseño de máquinas." 2ª ed. Mc Graw-hill. México.
19. Harold Egan. 1990. "Análisis químico de alimentos de Pearson" Mc Graw-Hill México
20. Heinz. 1980. "Tecnología práctica de la carne" 1ª ed. Acribia Zaragoza España.
21. Havrella. R. A. 1992 "Fundamentos de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire". Mac. Graw Hill. México
22. Hernández M. C. 1991. "Procesos de ahumado de carne y sus derivados" Tesis Q. F.B UNAM. Fac. Quím
23. IT 1990. "Procesos de ahumado y cocción de productos cárnicos " Alimentos. 15 (3)
24. Ibanez F.C. 1996. "Changes in physicochemical properties and in content of nitrogen compounds with traditional smoking during the ripening of Idiazabal cheese". Food Tech. Abs. 4 (28)
25. Inchaurreza Z. A. 1981. " Aceros inoxidables y aceros resistentes al calor" Limusa México.
26. Karlekar. B.V. 1986. "Transferencia de calor" 2ª ed. Interamericana
27. Lee J. 1983. "Smoked foods past, present and future". Food. Processing. 52 (9)
28. Lewis. M. J. 1993. " Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado". Acribia. Zaragoza España
29. Lawrie. R. A. 1977. "Ciencia de la carne " 2ª ed Acribia Zaragoza, España
30. Neave R.V. 1986. " Introducción a la tecnología de productos pesqueros" CECSA México.
31. Owen J. 1986 " The preparation of smoked cooked chicken by conventional and accelerated curing methods". Rev. Poultry Sc. 65.
32. Pavlov. K.F. 1981. "Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas y aparatos en tecnología química" Mir. Moscú
33. Perry, Chilton y otros 1980 "El manual de ingeniería química" Mc Graw Hill México.

34. Price J F. 1979 "Ciencia de la carne y productos cárnicos" 2° ed. Acribia Zaragoza, España.
35. Rosaler. R 1987 "Manual de mantenimiento industrial " Tomo I Mc Graw Hill México
36. Radetic F. 1996. Influence of smoking method on chemical composition and properties of *M. longanissimus dorsi* of hogs." Food. Tech. Abs. 7 (12).
37. Ruitter A 1979. "Color of smoked foods" Food Tech Mayo
38. Sanz. R 1980. "Enciclopedia de la carne y productos cárnicos" 2ª ed Acribia. Zaragoza, España.
39. Secretaria de Salud. 1988 "Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos " 5ª ed Comision Permanente de Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. México
40. SECOFI Norma oficial mexicana para " Atún Ahumado" NMX – 528 –1993 – SCFI. Dirección General de Normas.
41. SECOFI. Norma Oficial Mexicana para "Entrecot Ahumado" NOM – 138 – 1969 Dirección General de Normas.
42. Sopanophoulos. T. 1988. " Liquid smoke" Food tech Abs. 6 (20)
43. Suzuki T 1996 "Changes in volatile flavor compounds and antioxidant activity of absorbed phenolic compounds of dried bonito stick (Katuo-bushi) during smoking process". Food . Tech. Abs. 11 (28)
44. Treybal. 1980. "Operaciones de transferencia de masa" 2ªed. Mc. Graw Hill México
45. Tóth L., Potthast K 1984 "Chemical aspects of de smoking of meat and meat products". Advances in food research 29
46. Tyszkiewicz, S Panasik. M. 1988. "Colour of smoked meat productos" Food Tech Abs 12 (20)
47. Tyszkiewicz, S Panasik. M. 1988. "Studies on heat and mass transfer kinetics in hot - smoking of sausages " Food Tech. Abs. 12 (20)
48. Verfahren zur E. 1997. "Process for generatión of smoke by smouldering" Food Tech. Abs 2 (29)

33. Price, J.F. 1979. "Ciencia de la carne y productos cárnicos." 2ª ed. Acribia. Zaragoza, España
34. Rosaler, R. 1987. "Manual de mantenimiento industrial". Tomo I. Mc Graw Hill México.
35. Radetic, F. 1996. Influence of smoking method on chemical composition and properties of *M. longanissimus dorsi* of hogs." Food. Tech. Abs. 7 (12).
36. Ruiter, A. 1979. "Color of smoked foods" Food Tech Mayo
37. Sanz, R. 1980. "Enciclopedia de la carne y productos cárnicos". 2ª ed. Acribia. Zaragoza, España.
38. Secretaria de Salud. 1988 "Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos" 5ª ed. Comisión Permanente de Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. México.
39. SECOFI. Norma oficial mexicana para "Atún Ahumado" NMX – 528 – 1993 – SCFI. Dirección General de Normas.
40. SECOFI. Norma Oficial Mexicana para "Entrecot Ahumado" NOM.– 138 – 1969. Dirección General de Normas
41. Sapanophoulos, T. 1988 "Liquid smoke" Food tech. Abs. 6 (20).
42. Suzuki T. 1996 "Changes in volatile flavor compounds and antioxidant activity of absorbed phenolic compounds of dried bonito stick (Katuo-bushi) during smoking process". Food . Tech. Abs. 11 (28)
43. Treybal. 1980. "Operaciones de transferencia de masa". 2ª ed. Mc. Graw Hill México
44. Tóth L.; Potthast K. 1984. "Chemical aspects of the smoking of meat and meat products". Advances in food research. 29.
45. Tyszkiewicz, S. Panasik, M. 1988 "Colour of smoked meat products" Food Tech. Abs. 12 (20)
46. Tyszkiewicz, S. Panasik, M. 1988. "Studies on heat and mass transfer kinetics in hot - smoking of sausages." Food Tech Abs. 12 (20).
47. UNAM FESC. 1994. "Taller de carnes. Embutidos y madurados." UNAM. México.
48. Verfahren zur .E 1997 "Process for generation of smoke by smouldering". Food Tech. Abs. 2 (29)