

69
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**PROCESO DE AHUMADO DE LA CARNE
Y SUS DERIVADOS**

**Trabajo Monográfico de Actualización
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A :
CLAUDIA MARIA HERNANDEZ MUÑOZ**

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1991



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 está 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.

INDICE

Pag

INTRODUCCION	1
CAPITULO I. COMPOSICION DEL HUMO	4
I.1	6
I.1.1	6
I.1.2	8
I.1.3	9
I.2	12
I.2.1	12
I.2.2	14
I.2.3	16
I.2.4	18
I.2.5	19
I.3	21
I.3.1	21
I.3.1.1	21
I.3.1.2	22
I.3.1.3	23
I.3.1.4	24
CAPITULO II. CUALIDADES DE UN PRODUCTO AHUMADO	26
II.1	27
II.2	30
II.3	33
II.3.1	34
II.3.2	35
II.4	39
CAPITULO III. TECNOLOGIA DEL AHUMADO	41
III.1	42
III.1.1	43
III.1.1.1	43
III.1.1.2	44
III.1.1.3	46
III.1.2	47
III.1.2.1	47
III.1.2.2	48
III.1.2.3	50
III.1.2.4	52
III.1.2.5	54
III.2	56

III.3	Tecnología de ahumado.	58
III.3.1	Acondicionamiento del producto.	58
III.3.2	Ahumado tradicional.	60
III.3.3	Ahumado electrostático.	60
III.3.4	Humos líquidos.	63
III.3.4.1	Obtención de humos líquidos a nivel laboratorio.	65
III.3.4.2	Obtención de humos líquidos a nivel industrial.	65
III.3.5	Aplicaciones de humo líquido.	67
III.3.5.1	Aplicación interna.	67
III.3.5.1.1	Adición a la mezcla.	67
III.3.5.1.2	Inyección de salmuera.	68
III.3.5.1.3	Aplicación por masajeo o mezclado.	69
III.3.5.2	Aplicación externa.	69
III.3.5.2.1	Atomización.	69
III.3.5.2.2	Inmersión.	74
III.3.6	Aprobaciones gubernamentales.	75
CAPITULO IV.	EFFECTOS INDESEABLES DEL AHUMADO	77
IV.1	Presencia de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH).	78
IV.2	Formación de nitrosaminas.	80
IV.2.1	Inhibición de nitrosaminas.	84
IV.3	Compuestos fenólicos con actividad mutagénica.	85
IV.4	Efectos sobre el valor nutricional.	86
CONCLUSIONES		88
BIBLIOGRAFIA		93

INTRODUCCION

El ahumado se define como el proceso que consiste en someter a los alimentos a la acción de los productos gaseosos originados en la combustión de ciertos productos vegetales (25). El secado, el salado y el ahumado son considerados los tres procedimientos mas viejos para la conservación de las carnes y otros alimentos. El origen de la práctica del ahumado de alimentos se desconoce, pero existen evidencias arqueológicas que revelan el uso del humo en la preparación de alimentos desde hace 90,000 años. Por lo tanto, es comprensible asumir que el hombre se ha valido del secado y ahumado de los alimentos desde que descubrió el fuego (70).

El ahumado de los productos cárnicos fue llevado a cabo empíricamente por largo tiempo, determinándose el olor, color, y sabor por experiencias y de acuerdo al gusto de los habitantes de una localidad. Esto ocasionó una gran variabilidad en el gusto del ahumado de productos cárnicos, presentándose intervalos muy amplios de sabores que iban desde un tenue hasta un muy fuerte sabor a humo, asi como también de colores desde el oro hasta el café oscuro (28).

El ahumado para carnes fue aplicado en países industriales desde las últimas décadas, desarrollándose nuevos hornos con los cuales se tuvo un mayor control sobre los parámetros del proceso. Actualmente solo una pequeña cantidad de productos cárnicos son preparados de esta manera. Esto no implica una falta de producción o menor apetencia por el ahumado, lo único que refleja son cambios en los métodos de producción

(42).

En México, particularmente en el Norte del país, el ahumado de la carne de ave es muy conocido, siendo el guajolote el más popular (56).

Actualmente ha disminuido la demanda de productos marinos ahumados (salmón, truchas, ostiones, etc.) considerados como alimentos de lujo, aumentando a la vez el consumo y demanda de otros productos como quesos, postres, té, etc., a los cuales les han sido aplicados el proceso de ahumado abriendo nuevos mercados gracias a la aceptación que han tenido. El consumo de carnes ahumadas también ha ido en aumento, permitiendo el ingreso al mercado de nuevos productos cárnicos ahumados, como salchichas de Frankfurt, pollos, etc. (76).

Se han reportado 390 compuestos diferentes detectados en el humo, pero se estima que éstos no son ni el doble de los muchos más existentes, considerando como los más importantes a los que contienen en su molécula a los grupos fenoles, carbonilos, ácidos, alcoholes, ésteres, lactonas e hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH: polycyclic aromatic hydrocarbons), siendo los fenoles y los PAH los únicos compuestos cuyos espectros han sido completados (70).

CAPITULO I
COMPOSICION DEL RUMO

El humo es una mezcla compleja cuya composición se ve influenciada por diversos parámetros como son: el tipo de madera, humedad de la madera, temperatura, concentración de oxígeno, etc. durante el proceso de generación (66).

El humo se define como una suspensión de partículas sólidas y líquidas, en medio gaseoso. Es decir, que se encuentra constituido por una fase dispersada líquida (partículas de humo cuyos diámetros son de alrededor de 0.1 micras), y de una fase dispersante gaseosa. La proporción de partículas sólidas y líquidas en el medio gaseoso determina lo que se llama la densidad del humo (28).

El humo contiene compuestos de alto y bajo peso molecular solubles o insolubles en agua. Esto es de gran importancia en la producción de humos líquidos porque las fracciones solubles en agua son enriquecidas con constituyentes deseables en el tratamiento de humos en alimentos. Encontrándose en la fracción insoluble al agua: alquitrán, hollín y PAH (70).

La combustión completa de la madera conduce a la formación de agua, dióxido de carbono y cenizas (residuo mineral). La producción de humo para ahumar conlleva una reacción de combustión incompleta, ocurriendo paralelamente:

- descomposición bajo la acción del calor (pirólisis) de los polímeros que constituyen a la madera, en moléculas orgánicas de bajos pesos moleculares.
- reacciones de oxidación y de condensación.

A diferencia de la combustión completa, la producción de humo dista en complejidad, y el número de mecanismos involucrados conduce a una multitud de compuestos. Aparentemente ciertos compuestos sirven solo como intermediarios en la formación de otros compuestos más estables a causa de la combustión incompleta de la madera (25, 70).

I.1 COMBUSTION Y PIROLISIS DE LA MADERA

Los compuestos de la madera se dividen en tres:

1. Celulosa, entre 40 - 60%
2. Hemicelulosa, entre 20 - 30%
3. Lignina, entre 20 - 30%

I.1.1 PIROLISIS DE LA CELULOSA

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

- Reacción inicial. Consta de una hidrólisis ácida seguida de una deshidratación para obtener glucosa (fig. 1).
- Reacción secundaria. Conduce a la formación de ácido acético y de sus homólogos, de agua y ocasionalmente, de pequeñas cantidades de furanos y de fenoles, que son más específicos de la pirólisis de hemicelulosa y de lignina (44, 71).

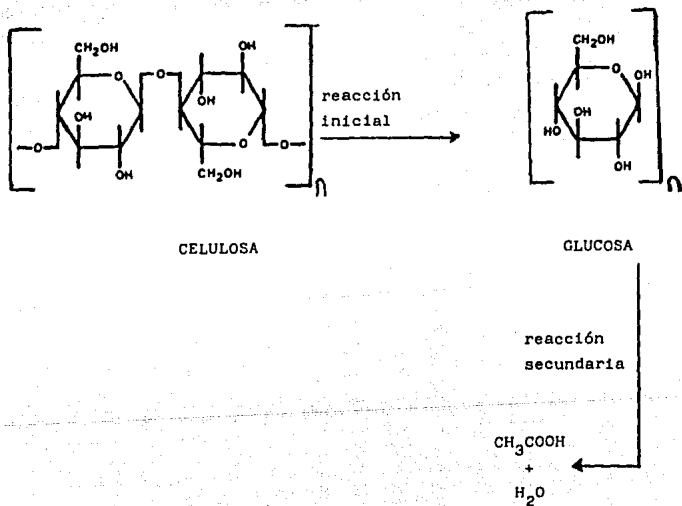


Figura 1. Pirólisis de la Celulosa.

I.1.2 PIROLISIS DE LA HEMICELULOSA

La hemicelulosa es un polímero que tiene como monómero a las pentosas, principalmente D-xilanos, los cuales son polímeros de la D-xilosa (44).

La pirólisis de las pentosas conduce a la formación de furfural y de furanos, así como una gama de ácidos carboxílicos los cuales se presentan en la Tabla 4 (fig. 2).

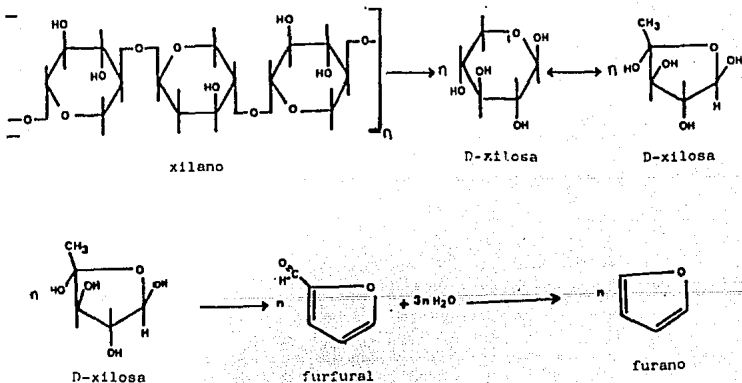


Figura 2. Pirólisis de la Hemicelulosa.

1.1.3 PIROLISIS DE LA LIGNINA

La lignina es un polisacárido estructural, cuya unidad se representa en la fig. 3.

Los compuestos obtenidos por descomposición de esta fracción se consideran determinantes para conferir el aroma ahumado a los productos tratados: fenoles y ésteres fenólicos, como el guayacol (2 metoxifenol), el siríngol (2,6 dimetoxifenol), y sus homólogos y derivados.

El ácido ferúlico constituye presumiblemente un intermediario entre las reacciones de descomposición de la lignina. Su formación podría explicarse por una ruptura en la zona (C) de la macromolécula de lignina, seguida de dos reacciones: una de deshidrogenación y la otra de oxidación. El esquema de estas reacciones se presentan en las figs. 4 y 5.

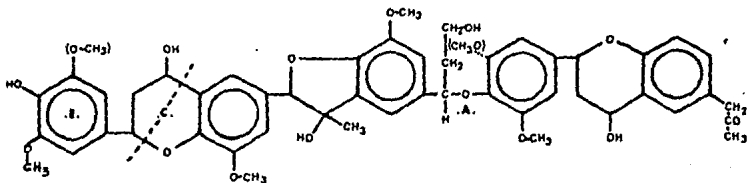


Figura 3. Unidad estructural de la Lignina.

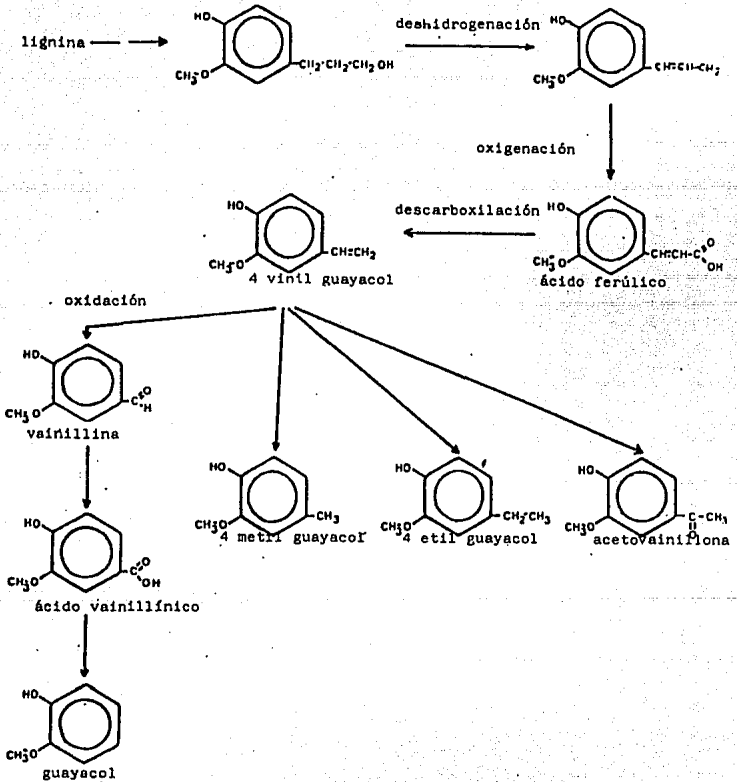


Figura 4. Pirólisis de la Lignina a partir de madera blanda.

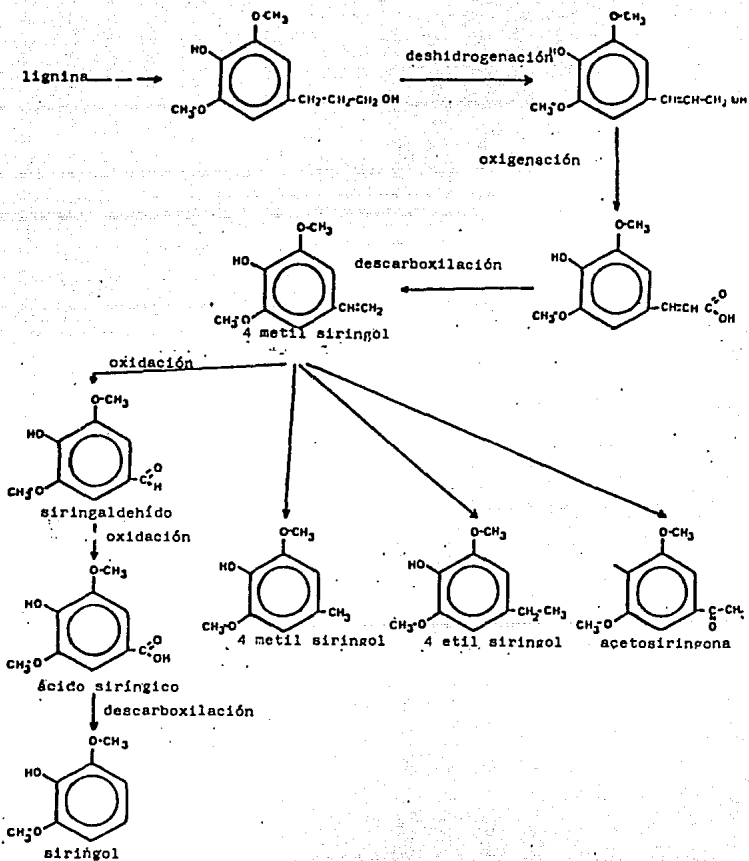


Figura 5. Pirólisis de la Lignina a partir de madera dura.

I.2 COMPOSICION DEL HUMO

Esta demostrado que el tipo de madera usada para ahumar alimentos, tiene una gran influencia sobre la composición del humo y por lo consiguiente de sus productos.

Comúnmente, a la madera se le clasifica en dura y blanda o débil dependiendo de su origen botánico y de la forma típica de su hoja. En general, a la madera originada de los árboles de hoja ancha se les clasifica del tipo dura y produce humo de mejor calidad por ser no resinosa, mientras que el humo de la madera derivada de árboles de hoja en forma de aguja, se les considera del tipo blanda o débil produciendo humo de mala calidad, por tratarse de madera resinosa (10, 13).

I.2.1 COMPUESTOS FENOLICOS

La composición de los compuestos fenólicos es directamente proporcional a la temperatura. Es decir, que al incrementar la temperatura de combustión, aumenta la concentración de dichos productos.

Las maderas duras, en comparación con las maderas blandas, presentan una diferencia en la estructura química de la lignina. Esta diferencia se traduce en la presencia de un sustituto metoxilo en el anillo aromático (E), (fig. 3). Estos ciclos aromáticos fenólicos con dos substituyentes metoxilos, conducen a la formación de siringol y de sus derivados (fig. 5).

Con el apoyo en los mecanismos expuestos anteriormente, la combustión de las maderas blandas conduce principalmente a la formación de guayacoles, mientras que la de las maderas duras produce además siringoles (7, 15).

En la Tabla 1, se presentan los compuestos fenólicos que han sido identificados en el humo.

TABLA 1. Compuestos Fenólicos identificados en el humo.

fenol	2 metoxi 4 cis propenilfenol (cis Eugenol)
2 metilfenol (o-cresol)	2 metoxi 4 trans propenilfenol (trans Eugenol)
4 metilfenol (p-cresol)	2,6 dimetoxifenol (siringol)
3 metilfenol (m-cresol)	2,6 dimetoxi 4 metilfenol
2,3 dimetilfenol	2,6 dimetoxi 4 etilfenol
2,4 dimetilfenol	2,6 dimetoxi 4 alilfenol
2,5 dimetilfenol	2,6 dimetoxi 4 propenilfenol
2,6 dimetilfenol	2,6 dimetoxi 4 isopropilfenol
2 etilfenol	2,6 dimetoxi 4 propilfenol
3 etilfenol	2,6 dimetoxi 4 vinilfenol
4 etilfenol	1,3 dihidrobenceno
4 vinilfenol	2 hidroxibenzaldehído
butilfenol	3 hidroxil 2 metil pirona (maltol)
trimetilfenol	4 hidroxil 3 metil benzaldehído (vainillina)
3 etil 5 metilfenol	4 hidroxil 3 metoxiacetofenona (acetovainillina)
2 metoxifenol (guayacol)	4 hidroxil 3,5 dimetoxibenzaldehído (siringaldehído)
3 metoxifenol	3 (4 hidroxil-3 metoxifenil) 2 pro- penal (sinapaldehído)
2 metoxi 4 metilfenol (4 metil guayacol)	4 hidroxil 3,5 dimetoxiacetofenona (acetosiringona)
2 metoxi 4 etilfenol (4 etil guayacol)	
2 metoxi 4 vinilfenol (4 vinil guayacol)	
2 metoxi 4 alilfenol	
2 metoxi 4 isopropilfenol	

I.2.2 COMPUESTOS CARBONILICOS

Bajo esta designación se encuentran los aldehídos y las cetonas, y se cree que los compuestos carbonílicos contribuyen para dar casi todas las propiedades sensoriales al humo de la madera y que le confieren a un producto ahumado. Estos compuestos ejercen un papel importante en la coloración de los alimentos ahumados (28, 51).

Algunos de los compuestos carbonílicos que fueron aislados del humo de madera se les determinó que aportan aromas únicos. Muchos de estos compuestos dan aromas herbáceos. El número de compuestos carbonílicos identificados en el humo y condensados se eleva a 70 aproximadamente y se presentan en la Tabla 2.

Se ha determinado la concentración de compuestos carbonílicos en embutidos, en donde se observa que el contenido de éstos 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 en que se embute actúa como barrera contra la penetración de los compuestos carbonílicos del humo (71).

Otra explicación posible de la baja concentración de compuestos carbonílicos, se sitúa a nivel de la reactividad

de los grupos carbonilo con el grupo amino de la proteínas, lo cual se estudiará en el Capítulo II.

Tabla 2. Compuestos carbonílicos identificados en el humo.

Cetonas

acetona	2,4 dimetil 2 ciclopentanona
2 butanona	2,5 dimetil 2 ciclopentanona
2 pentanona	3,4 dimetil 2 ciclopentanona
3 pentanona	3,5 dimetil 2 ciclopentanona
2 hexanona	2,3,4 trimetil 2 ciclopentanona
3 hexanona	2 etil 2 ciclopentanona
3 metil 2 butanona	3 etil 2 ciclopentanona
3,3 dimetil 2 butanona	2 etil 3 metil 2 ciclopentanona
4 metil 3 pentanona	3 etil 2 metil 2 ciclopentanona
1 hidroxil 2 propanona	2 etil 5 metil 2 ciclopentanona
1 hidroxil 2 butanona	3 propil 2 ciclopentanona
3 butano 2 ona	1,2 ciclopentadiona
3 metil 3 butan 2 ona	3 metil 1,2 ciclopentadiona
4 furfural metilcetona	3,4 dimetil 1,2 ciclopentadiona
2,3 propadiona	3 etil 1,2 ciclopentadiona
2,3 butadiona	1 indanona
2,3 pentadiona	3 metil 1 indanona
2,5 hexadiona	2 metil 1 indanona
2,3 dimetil 2 ciclopentanona	6 metil 1 indanona
2 ciclohexanona	acetofenona
2 ciclopentanona	m-metil acetofenona
2 metil 2 ciclopentanona	p-metil acetofenona
3 metil 2 ciclopentanona	2,5 dimetil 4 hidroxil 3 furanona
4 metil 2 ciclopentanona	3 hidroxil 2 metil 4 pirona
2,3 dimetil 2 ciclopentanona	2 acetil pirona
2,3 dimetil 2 ciclopentanona	2 formil pirona
	etil pirrolcetona

Aldehídos

formaldehído	2 propenal
acetaldehído	2 butenal
propionaldehído	2 metil 2 butenal
butiraldehído	2 furfural
isobutanal	5 metil 2 furfural
pentanal	5 hidroximetil 2 furfural
isopentanal	benzaldehído

I.2.3 HIDROCARBUROS POLICICLICOS AROMATICOS (PAH)

Desde 1940, se descubrió que algunos compuestos PAH son carcinógenos. Uno de los más conocidos es el 3,4 benzopireno (3,4 Bp), al cual se le ha demostrado ser mutagénico y carcinogénico en numerosos animales de experimentación, por lo tanto, se le considera indicador de contaminación de PAH en productos cárnicos ahumados. El 3,4 Bp y otros PAH se han detectado en alimentos de origen animal y vegetal. Los vegetales generalmente se contaminan durante su cocimiento por aire impuro "smog". Los alimentos de origen animal como la leche o la carne se encuentran prácticamente libres de PAH, de no ser que se contaminen durante su procesamiento en particular con humo.

Se ha encontrado un alto índice de casos de cáncer en estómago y colon en países donde los productos cárnicos ahumados tienen un elevado contenido de 3,4 Bp y otros PAH.

Se estima que de los 200 PAH presentes en el humo algunos son mutagénicos o carcinogénicos y en algunos casos tienen efectos sinérgicos o antagónicos (inhibición o competencia de la acción de un compuesto sobre otro). La carcinogenicidad o mutagenicidad de los compuestos PAH se presentan en la Tabla 3. Desde el punto de vista tecnológico, los productos cárnicos ahumados no deben contener más de 1 ppb (1 $\mu\text{g}/\text{kg}$) de 3,4 Bp, aunque los productos ahumados tengan un color oscuro 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 linealmente al incrementar la temperatura de generación entre 400° y más de 1,000°C (70).

Tabla 3. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos derivados del humo ahumador con propiedades carcinogénicas o mutagénicas.

<u>PAH</u>	<u>Carcinogénico</u>	<u>Mutagénico</u>
7,12 dimetil benzo (a) antraceno	++++	+
3 metil clorantreno	++++	+
3,4 benzopireno	+++	+
dibenzo (a,h) antraceno	+++	+
dibenzo (a,i) pireno	+++	+
benzo (c) fenantreno	+++	±
benzo (y) antraceno	+	+
indeno (1,2,3-c,d) pireno	+	±
benzo (b) floranteno	+	+
criseno	±	+
benzo (k) floranteno	±	+
piceno	±	-
benzo (g,h,i) perileno	±	+
1 metil pireno	±	+
dibenzo (a,c) antraceno	±	+
benzo (e) pireno	±	+
antantreno	±	+
2 metil antraceno	±	+
9 metil antraceno	±	+
2 metil fenantreno	±	+
pireno	-	+
benzo (a) floreno	-	+
trifenileno	±	+
floranteno	-	+++
perileno	-	+++

Efecto: ± incierto
 + positivo
 - negativo
 ++, +++, ++++ incrementa el efecto positivo

I.2.4 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 C_1 , C_2 , C_3 y C_4 . Los ácidos representan el 39.9% de la fracción destilable de los condensados de humo (25).

Tabla 4. Acidos identificados en el humo.

Acido:

metanoico (fórmico)	3 metil pentanoico
etanoico (acético)	4 metil pentanoico
propanoico (propiónico)	2 metil butanoico
butanoico	3 metil butanoico (isovalérico)
hexanoico	2 metil trans 2 butanoico
octanoico	4 oxapentanoico (levulínico)
2 metil butanoico	benzoico
2 butenoico	4 hidroxil 3 metoxil benzoico
4 metil pentanoico	(vainillínico)
	3,5 dimetoxil 4 hidroxil benzoico
	(siringico)

I.2.5 OTROS COMPUESTOS

Las lactonas, los furanos, los alcoholes, los ésteres, las pirazinas, etc. tienen acción no bien precisa sobre las propiedades organolépticas en los productos ahumados, pero se sabe que influyen en el sabor (10).

Estos compuestos se establecen en la Tabla 5.

Tabla 5. Compuestos Furanos, Alcoholes, Esteres, Lactonas y Pirazinas identificados en el humo.

Furanos

furano
2 metil furano
2 etil furano
2 acetil furano
2 metil benzofurano
2,3 dimetil 5 etil furano
dimetil benzofurano
fural metil éter
2 metil tetrahidrofurano
2,5 dimetil tetrahidrofurano

Alcoholes y Esteres

metanol
etanol
isopropanol
acetol acetato
alil alcohol
amil alcohol
propanol
metil acetato
metil formato
metil acrilato
etil benzoato
crecil acetato
metil butirato

Piranos

3,4 dihidroxipiran 2 ona
4 piran 2 ona
2,4 hidroxí 6 metilpiran 2 ona

Lactonas

γ butirolactona
δ angelicalactona
γ crotonolactona
2 butanolida
2 metil 2 butanolida
4 metil 2 butanolida
2,3 dimetil 2 butanolida
3,4 dimetil 2 butanolida
3,4 dimetil 2 butanolida
2,3,4 trimetil 2 butanolida
2 etil 4 metil 2 butanolida
4 etil 2 metil 2 butanolida
4 etilidana 2 metil 2 butanolida

Pirazinas

Pirazina
2 metil 3 isopropil pirazina
2 metoxi 3 etil pirazina
2 metoxi 3 metil pirazina
2 metoxi 3 propil pirazina
2 acetil pirazina
2 acetil 3 metoxi pirazina
2 acetil 3,5 dimetil pirazina

Dos grupos de compuestos, en especial, han sido poco estudiados, pero hay pruebas contundentes de 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.

Como se observa en la Tabla 6, se ha determinado el aroma que confiere cada uno de los compuestos determinados.

Tabla 6. Descripción de aromas de ciertas lactonas identificadas en el humo de la madera

<u>Compuesto</u>	<u>Descripción del aroma</u>
Butirolactona	Un poco a mantequilla, quemado
2 metil 2 butanolida	Dulce, como a caramelo quemado
4 metil 2 butanolida	Humoso, quemado
2,3 dimetil 2 butanolida	Picante, sazonado, como a vainilla
2,4 dimetil 2 butanolida	Dulce, quemado
2 etil 4 metil 2 butanolida	Quemado, a madera

Las pirazinas se caracterizan por ser compuestos heterocíclicos nitrogenados, son producidos por calentamiento y poseen propiedades sensoriales únicas. Es posible que una cantidad muy grande 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 (56).

Actualmente se cree que las pirazinas contribuyen a dar coloración y un sabor como a palomitas de maíz (71).

I.3 PARAMETROS TECNOLOGICOS Y COMPOSICION DEL HUMO

Numerosos parámetros intervienen en la composición cualitativa y cuantitativa del humo; debido a su multiplicidad se reconoce que es difícil estimar el papel de cada uno de ellos. Sin embargo, pueden dividirse en dos grupos:

- 1) Los relacionados a la tecnología de producción del humo.
- 2) Los relacionados al modo de tratamiento del producto.

A continuación se estudiarán todos los parámetros tecnológicos relacionados con la composición del humo y por lo tanto, con las características organolépticas de los productos ahumados.

I.3.1 PARAMETROS RELACIONADOS CON LA TECNOLOGIA DE LA PRODUCCION DE HUMO

I.3.1.1 INFLUENCIA DE LA NATURALEZA DE LA MADERA

Esta demostrado que el tipo de madera usado tiene una gran influencia en la composición del humo y por consiguiente en las propiedades organolépticas del producto ahumado (ver apartado I.2).

La madera que se debe utilizar para el ahumado 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: mangl s, cedro, caoba, palo fierro, encino, zapote, pionche, palo blanco, nogal, laurel, achotillo, amate, primavera, palo verde, mezquite, etc.

Los productos ahumados con maderas resinosas tienen un olor y un sabor desagradable y amargo, y un alto contenido de alquitrán, y por lo tanto de 3,4 Bp (16).

1.3.1.2 INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad de la madera altera cualitativa y cuantitativamente a los compuestos volátiles en el humo, teniendo influencia sobre las propiedades del producto.

Como se observa en la Tabla 7, el contenido de humedad óptima en la madera para generar humo, se encuentra entre 20 y 30%, desarrollándose durante este intervalo la mayor y mejor producción de compuestos que intervienen para dar propiedades sensoriales a un alimento ahumado (71).

Tabla 7. Influencia del contenido de humedad sobre la composición química y propiedades sensoriales.

HUMO PRODUCIDO / 100g DE ASERRIN

<u>Humedad (%)</u>	<u>Fenoles (mg)</u>	<u>Acidos (mg)</u>	<u>Formaldehidos (mg)</u>	<u>Propiedades Sensoriales</u>
1.8	236	3293	122	pésimas
21.5	136	3288	81	buenas
24.5	100	3003	78	buenas
31.2	53	890	-	excelentes

1.3.1.3 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE COMBUSTION DE LA MADERA

La temperatura en la composición del humo es un factor preponderante, en general, es posible intervenir sobre este parámetro en todos los equipos para producción de humo, por lo tanto, se puede tener control sobre las propiedades organolépticas de un producto ahumado.

Al incrementar la temperatura se aumenta la concentración de compuestos, pero al llegar a temperaturas muy elevadas de combustión (aproximadamente 1000°C) el contenido de compuestos disminuye (70).

Los contenidos máximos de fenoles, compuestos carbonílicos y ácidos se obtienen a una temperatura de pirólisis de 600°C, como se observa en la Tabla 8. Sin embargo, a los productos tratados con un humo producido a 400°C se les juzgan superiores en cuanto a sus cualidades organolépticas, que a los tratados con humos obtenidos a temperaturas más elevadas (25, 65).

Tabla 8. Influencia de la temperatura de combustión en la composición química de humos (mg / 100 g de muestra).

<u>Temperatura</u> (°C)	<u>Fenoles</u> <u>Totales</u>	<u>Carbonílicos</u> <u>Totales</u>	<u>Acidos</u> <u>Totales</u>
380	998	9996	2506
600	4858	14952	6370
760	2632	7574	2996

I.3.1.4 INFLUENCIA DEL FLUJO DE AIRE

Si la degradación de las macromoléculas de la madera depende de la temperatura de pirólisis, ella depende igualmente de la concentración de oxígeno, como consecuencia de la cantidad de aire admitido en el generador.

Cuando el contenido de oxígeno en el aire aumenta de 0 a 50%, la concentración de compuestos furanos disminuye (fig. 6).

Los contenidos de compuestos fenólicos y otros aumentan con el del oxígeno hasta el 10% de éste, después disminuyen entre el 10 y 20% de oxígeno, para posteriormente estabilizarse. Si los degustadores están en condiciones de diferenciar las muestras de condensados producidos con cantidades prácticamente nulas de oxígeno y de contenidos de 10%, ellos son incapaces de apreciar distinciones sobre muestras obtenidas con concentraciones de oxígeno del 20, 30 y 50%.

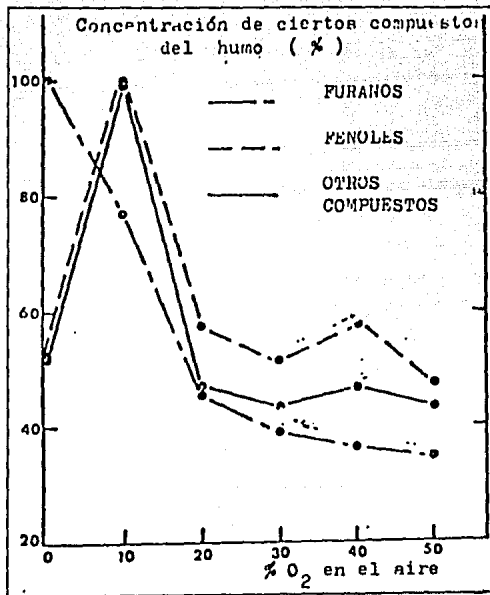


Figura 6.

Evolución de la concentración de ciertos compuestos del humo en función de la cantidad de oxígeno en el aire, necesario para la combustión de la madera.

CAPITULO II
CUALIDADES DE UN PRODUCTO AHUMADO

Un sabor deseable será aquél cuya mezcla de compuestos derivados del humo interacciona con los componentes de la carne para producir el mejor sabor y una mayor aceptabilidad de un producto ahumado (65).

Dependiendo del origen de la madera será la naturaleza química de los compuestos del humo que interaccionarán para llevar a cabo reacciones químicas. Como resultado se obtienen efectos benéficos en los alimentos que incluyen la formación de sabor y color característicos, así como propiedades bacteriostáticas, bactericidas y antioxidantes, pero también puede ocurrir contaminación con compuestos potencialmente tóxicos, así como disminución del valor nutricional (2).

II.1 SABOR DE LOS PRODUCTOS AHUMADOS

Bajo el término de sabor se entiende como la sensación causada por una sustancia que en la boca estimula los sentidos del gusto y del olfato, así como otros receptores, como los del dolor, el tacto y la temperatura (4).

La característica o sabor de los alimentos ahumados se debe primeramente a los compuestos fenólicos en fase de vapor que se absorben en la superficie de los alimentos, y en segunda, 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.

Si los compuestos fenólicos juegan un papel importante en el aroma y sabor no son, sin embargo, los únicos componentes implicados en el ahumado. Se necesita una mezcla compleja para obtener el aroma y sabor del producto ahumado. Los diversos compuestos del humo contribuyen a dar aromas específicos a los productos ahumados.

En la Tabla 9, se pueden apreciar las diferencias de las concentraciones óptimas entre los principales compuestos que contribuyen al sabor de un alimento ahumado. Se describen las propiedades del olor al incrementar las concentraciones de cualquier compuesto individual que sirve para evaluar su efecto sinérgico cuando se combinan.

Las propiedades sensoriales al incrementar la concentración individual de los fenoles fue examinada por un grupo de jueces. En la Tabla 10 se observa que la concentración de cualquier fenol produce una respuesta óptima cuando sufre variación. Con el dimetil fenol se necesita una concentración menor y con el isoeugenol una mayor para poder ser apreciado. Este tipo de datos pueden servir como base para la formación de "imitación de humos" (71).

Tabla 9. Descripción sensorial de algunos Fenoles asociados al humo (7).

<u>Compuesto</u>	<u>Concent. (mg/100 ml agua)</u>	<u>Olor</u>	<u>Sabor</u>
dimetil fenol	0.90	Fenólico, aromático, dulce	Fenólico, agrio, seco
4 metil guayacol	1.90	Dulce, vainilla, frutal, canela, humoso, placentero	Dulce, vainilla, caramelo, aromático, quemado
guayacol	3.75	Fenólico, humoso, aromático, dulce	Fenólico, humoso, dulce, seco, especia
isoeugenol	9.80	Fruta dulce, vainilla, fenólico	Fruta dulce, medio humoso, seco

Tabla 10. Propiedades sensoriales de Fenoles individuales (7).

<u>Compuesto</u>	<u>Concent. (mg/100 ml agua)</u>	<u>Olor</u>	<u>Sabor</u>
dimetil fenol	0.90	Fenólico, aromático, dulce	Fenólico, caliente, dulce, seco
4 metil guayacol	1.90	Dulce, vainilla, frutal, humoso	Dulce, vainilla, caramelo, placentero
guayacol	3.75	Fenólico, humoso, aromático, caliente, dulce	Fenólico, caliente, especia, jamón, dulce, seco
isoeugenol	9.80	Proteína vegetal hidrolizada, jamón, especia, aromático, clavo	Proteína vegetal hidrolizada, jamón ahumado, dulce, caliente

La temperatura y el nivel de humedad son críticos para el desarrollo del sabor y el olor. La humedad es indispensable para permitir la adecuada absorción de los compuestos en la fase de vapor. La temperatura de ahumado se debe mantener a un nivel en la cual se evite un exceso de deshidratación, a la vez que una baja temperatura de ahumado puede alterar el olor por disminución de la absorción de compuestos fenólicos de alto punto de ebullición. Por lo anterior, el método de ahumado es muy importante para el desarrollo total del sabor y el olor. La generación de humo a altas temperaturas desarrolla humos de sabores desagradables, amargos y/o alquitranosos.

La producción de un humo uniforme en su composición durante un largo período de tiempo es difícil, independientemente del método de generación de humo. Existe la posibilidad de obtener humo de composición permanente siempre y cuando el humo se genere con el mismo tipo de madera, manteniendo constantes la temperatura y la humedad (70).

II.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 al desarrollo de la coloración.

Los compuestos activos del humo 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 un humo de baja humedad relativa no es fácil obtener un buen color en la superficie de 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 entre carbohidratos y compuestos aminados, mejor conocida como reacción de Maillard. Para el desarrollo del color, los carbohidratos se degradan durante la generación del humo, resultando de ello compuestos activos que se encargarán 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 a un color café, que se incrementará hasta un tono café oscuro. El cambio de café oscuro a negro se deberá a la precipitación de alquitrán en la superficie de la carne.

La concentración depende en gran parte de la densidad del humo, de la relación superficie-volumen que hace contacto con el alimento y el tiempo de exposición. Como ejemplo, se puede citar el caso del glicol aldehído que al mezclarse con el amino etanol forman una base de Schiff, que a la vez forma compuestos inestables que al combinarse con el glicol aldehído se favorece la polimerización de los compuestos hasta llegar a una ciclización que será la responsable del oscurecimiento de los productos ahumados (fig. 7).

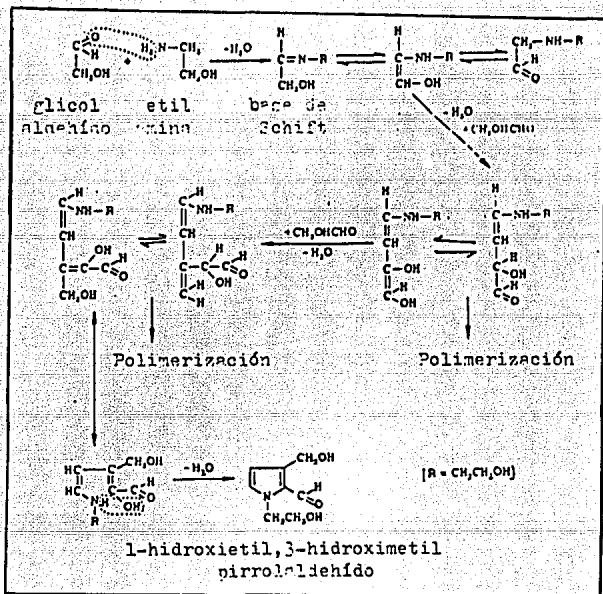


Figura 7. Reacción responsable de la formación del color.

El desarrollo de la coloración será rápida si se incrementa la temperatura del proceso y si se mantiene la humedad relativa en un intervalo de 65 - 80%, y a un contenido de humedad en el alimento de 80% inicialmente, dependiendo del producto. Por lo tanto, 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.

La intensidad de coloración de un alimento ahumado dependerá también del tipo de madera que se utilice. El uso de madera débil desarrollará un color más oscuro en la carne que si se usa madera dura (52, 61).

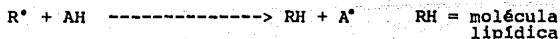
II.3 EFECTO DE CONSERVACION DEL HUMO SOBRE LOS PRODUCTOS AHUMADOS

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

Durante el almacenamiento de los alimentos el daño en las grasas por rancidez es el factor limitante, si el daño microbiológico se previene por congelación, refrigeración o secado. La oxidación de las grasas se conoce como un proceso de peroxidación, incrementándose cuando disminuye la actividad acuosa del alimento (5, 8, 34).

II.3.1 ACCION ANTIOXIDANTE

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



En el caso particular de los fenoles sucede lo siguiente:

A^{\bullet} = radical libre estable para la resonancia

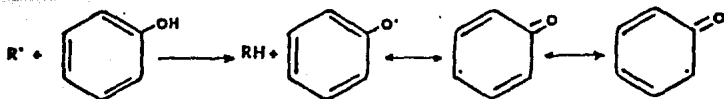


Figura 8. Esquemización de la reacción antioxidante de los fenoles

El proceso de peroxidación puede prevenirse con antioxidantes de estructura fenólica presentes en el humo. Dentro de estos compuestos que tienen mayor poder antioxidante, se encuentran el siringol, el 2,4 dimetoxi 4 metil fenol, el guayacol, eugenol, isoeugenol y vainillina, que al ser generados a una temperatura de 400°C alcanzan su mayor concentración (23, 34).

II.3.2 ACCION BACTERIOSTATICA Y BACTERICIDA DEL HUMO SOBRE LOS PRODUCTOS AHUMADOS

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 ésta otra razón por la cual se prefiere para el proceso de ahumado un humo derivado de maderas duras (10).

Se puede citar como ejemplo la utilización de humo líquido, el cual a una concentración de 147-220 ppm, disminuye la carga microbiana, particularmente de *Staphylococcus aureus* haciendo que la fase de crecimiento permanezca sin cambios (curvas 2 y 3, fig. 9). Esta evolución es semejante a la oxidación de la fracción lipídica. A una concentración más elevada (300 ppm) la fase de crecimiento no aparecerá (curva 4, fig. 9) y al llegar a una concentración superior a 300 ppm, las bacterias son destruidas (curva 5 y 6, fig. 9).

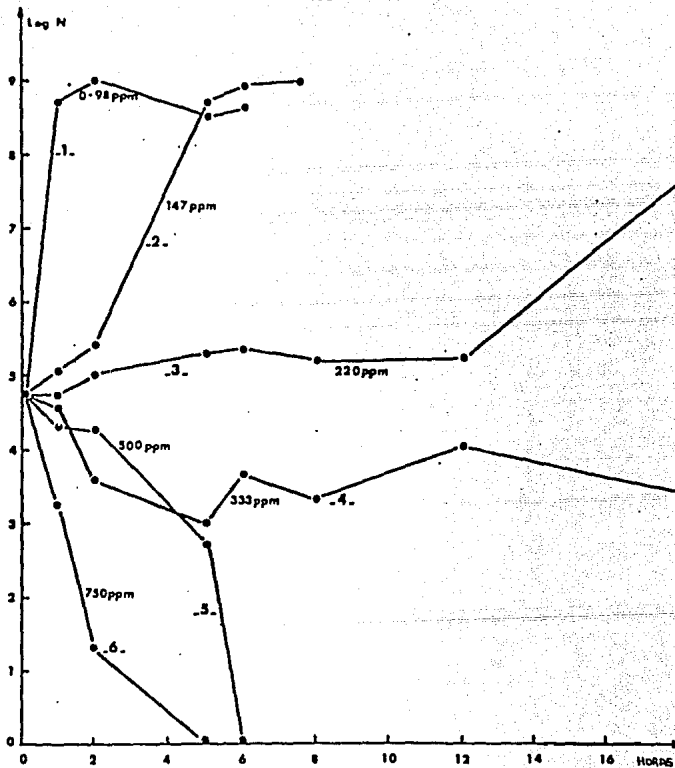


Figura 9. Crecimiento de *Staphylococcus aureus* en carne ahumada con humo líquido (55).

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 los 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 al pH ácido (pH = 5.5).

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.

En la fig. 10, se observa claramente la inhibición del crecimiento usando concentraciones de 4 y 6 ml/l de cierto humo líquido comercial, pero la disminución de la fase logarítmica no es tan marcada cuando se utilizan concentraciones de 12 ml/l de humo líquido a 25 ml/l donde se nota una inactivación completa del cultivo (14).

La naturaleza de la flora microbiana de la materia prima condiciona la calidad higiénica del producto terminado. La carga de mesófilos no esporulados son destruidos en el proceso de ahumado clásico en caliente; sin embargo, éstas no son destruidas cuando se ahuma el frío. Las bacterias

esporuladas (*Bacillus* sp. y *Clostridium* sp.) son más resistentes, por lo tanto la tecnología del ahumado no permite obtener productos terminados en buenas condiciones a partir de materias primas contaminadas (22, 23, 68).

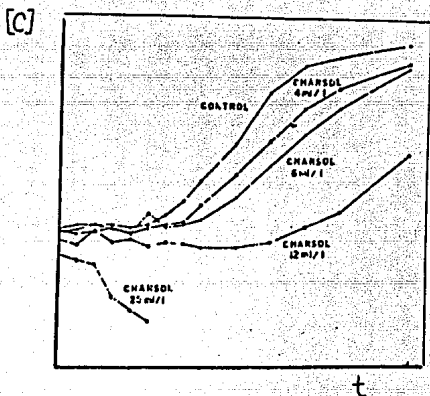


Figura 10. Crecimiento de bacterias lácticas variando el nivel de humo líquido.
(charsol = marca de humos líquidos comerciales).

II.4 ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS AHUMADOS

A causa de la acción bacteriostática y bactericida de los compuestos ahumados tratados, existe una actividad residual que se ejerce durante el almacenamiento. Al término del ahumado, el producto guarda una carga microbiana casi nula, pero a causa de una mala manipulación de éste, la carga microbiana puede aumentar considerablemente.

La carga microbiana puede disminuir o mantenerse nula si los productos ahumados se almacenan en atmósferas de N_2 o CO_2 a $4^\circ C$, aumentando la vida de anaquel de los productos en estas condiciones, sin alterar considerablemente las propiedades organolépticas de éstos.

Durante el almacenamiento en condiciones de congelación ($-18^\circ C$) el contenido de fenoles y NaCl se mantienen relativamente estables durante un año, debido a que el ahumado retarda la acción oxidativa de las grasas. Solo a partir del décimo mes de almacenamiento se puede empezar a detectar un leve sabor rancio en el producto.

Diversos estudios han arrojado la conclusión de que en un producto ahumado almacenado a una temperatura entre 4 y $5^\circ C$, la vida de anaquel será de 14 días; pero si se almacena a una temperatura de congelación menor o igual a $-18^\circ C$, la vida de anaquel será de 10 meses a un año sin afectar la calidad del producto ahumado.

La tecnología de ahumado, ya sea convencional o líquida, no afecta la vida de anaquel del producto, siempre y cuando se mantenga en las condiciones de almacenamiento antes mencionadas (9, 39, 56, 65).

CAPITULO III
TECNOLOGIA DEL AHUMADO

III.1 TECNOLOGIA DE LA PRODUCCION DE HUMO

La separación del generador de humo de la cámara de ahumado permitió el avance de la tecnología del proceso. Prácticamente, todos los ahumadores actuales se basan en el principio de la circulación; ésto es, que el humo que se produce en un generador de humo, se aspira en la cámara de ahumado o de circulación, donde circula con mayor velocidad, la cual regula la temperatura y humedad para después ser eliminada por una chimenea. A mayores velocidades de circulación debe cuidarse que en la cámara no existan espacios muertos y que el producto cárnico quede ahumado homogéneamente (49).

Durante el proceso de ahumado se busca conseguir un ahumado óptimo. Es decir, que en el menor tiempo posible, se logre la absorción deseada de los componentes del humo, para que todos los productos cárnicos de un tipo y/o calidad tomen la misma cantidad de humo y que el método sea reproducible, considerando bajo que condiciones físicas se emplea un generador de humo y una cámara de ahumado (77).

Existen diferentes generadores de humo, como lo son: generador de humo convencional, que trabaja con calor integrado, por fricción, de humo húmedo, de humo fluido, en "dos etapas", por carbonización, de Tóth, etc.

III.1.1 GENERADORES DE HUMO A NIVEL LABORATORIO

III.1.1.1 GENERADOR DE HUMO EN "DOS ETAPAS"

Método dividido en dos etapas, en el cual la pirólisis de la madera (reacción primaria) y la descomposición térmica (reacción secundaria) ocurre a diferentes temperaturas.

En la primera etapa, los cambios pirolíticos son inducidos con nitrógeno o gas carbónico caliente a una temperatura de alrededor de 250 a 550°C que pasan a través del aserrín que entra en pirólisis.

La segunda etapa consiste en enfriar y oxidar a los productos de pirólisis mezclando oxígeno y aire caliente a 125 - 130°C con el humo generado, acelerando el oxígeno caliente las reacciones de oxidación, condensación y polimerización del los compuestos del humo.

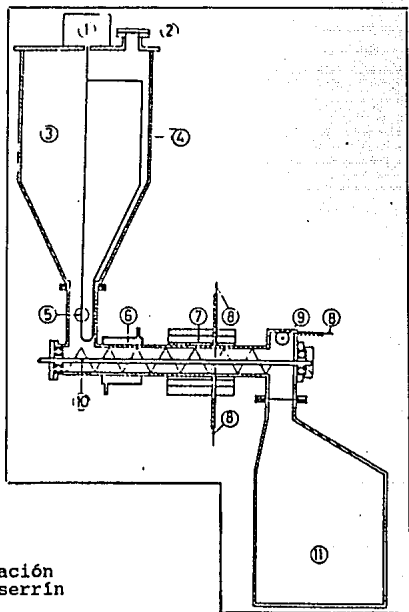
Las condiciones óptimas para obtener productos de buena calidad determinadas con éste método, son alcanzadas cuando se tiene:

- temperatura de combustión: 400°C
- flujo de nitrógeno (N_2) : 1500 l/hr
- temperatura de oxidación : 200°C

Este generador de humo fue usado solamente como equipo de laboratorio para estudiar la temperatura óptima de pirólisis y de oxidación (25, 70, 72).

III.1.1.2 GENERADOR DE HUMO POR CARBONIZACION

Este generador consta de un gusano alimentador que tiene como función transportar el aserrín de madera.



- [1] Motor de agitación
- [2] Entrada del aserrín
- [3] Tolva
- [4] Agitador
- [5] Acceso de aire
- [6] Chaqueta refrigerante
- [7] Manto de acero con 6 elementos eléctricos de calentamiento
- [8] Termopares
- [9] Escape
- [10] Gusano alimentador
- [11] Colector de cenizas

Figura 11. Generador de humo por carbonización (73).

La tolva [3] se carga con aserrín controladamente por medio de un agitador [4]. El gusano alimentador [10] transporta el aserrín a través de un generador de bronce, pasando por una zona de generación de humo en donde el aserrín es calentado por medio de elementos eléctricos contenidos en un manto de acero [7].

El aserrín es más o menos descompuesto cuando pasa por la zona de generación de humo, siendo la merma depositada en un colector de astillas [11]. El humo es desalojado por medio de un escape [9].

El gusano alimentador tiene una velocidad máxima de 3.1 rpm y es manejado via banda dentada que a la vez es movido por un motor de engranes. El calentamiento por el manto [7] es controlado por un regulador. La temperatura es medida con termopares [8].

El aire es abastecido con una presión constante de 1.9 atm, regulando el flujo de aire una válvula en el acceso de aire. El humo para su condensación es conducido desde el escape [9] 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 obtenido por este procedimiento es seco y denso.

La invención de este generador ha hecho posible estudiar las propiedades del humo generado a varias temperaturas, como

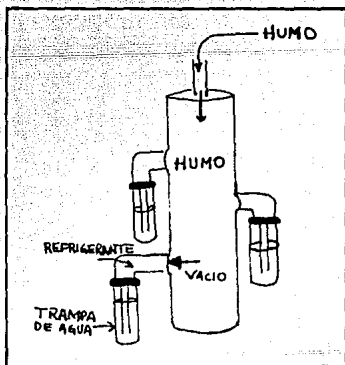
son: efectos microbianos, antioxidativos, propiedades sensoriales y contenido de PAH (25, 70, 73).

III.1.1.3 GENERADOR DE HUMO DE TOTH

Consiste en un cilindro perforado, en el cual el humo es producido por el método convencional. El humo es forzado a lo largo de los agujeros del cilindro por medio de vacío, y después por calentamiento, éste es condensado 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 1,000°C, siendo la variación de la temperatura de $\pm 50^{\circ}\text{C}$ (70, 72).



Generador de humo de Tóth

III.1.2 GENERADORES DE HUMO A NIVEL INDUSTRIAL

III.1.2.1 GENERADOR DE HUMO CONVENCIONAL

En este método se genera humo por medio de combustión lenta de aserrín, colocado en el piso de la cámara, donde se quema directamente; o bien, se puede ayudar a que comience la combustión por medio de una resistencia eléctrica.

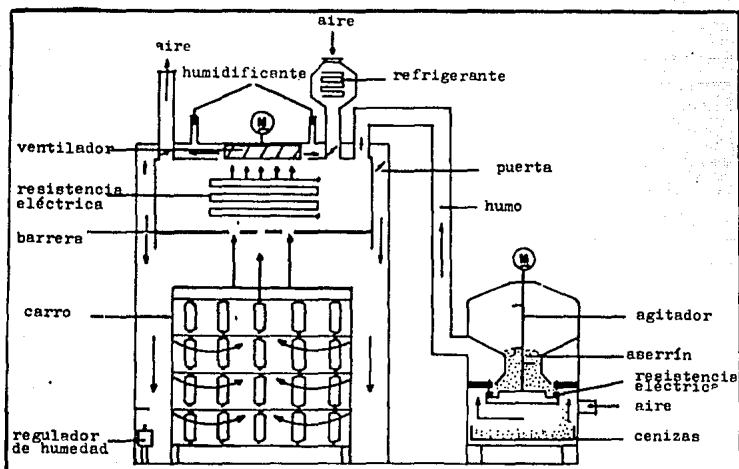


Figura 12. Generador de humo convencional conectado a un ahumador tradicional.

El flujo de aire es importante y la temperatura de combustión puede alcanzar hasta 800°C, pero se puede disminuir reduciendo la cantidad de aire y modificando la humedad del aserrín.

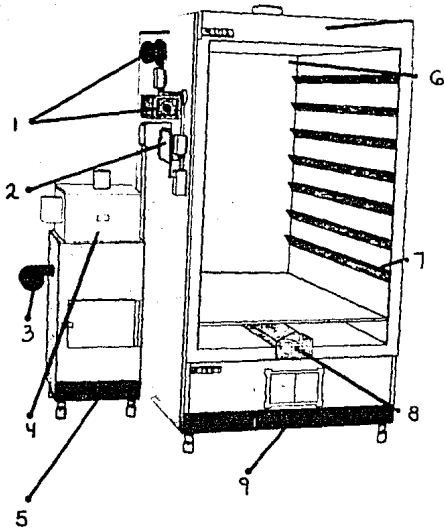
En este método es difícil mantener temperaturas alrededor de 300 a 400°C, que es la temperatura de pirólisis durante la cual se produce un humo con poco contenido de alquitrán y PAH. Por lo tanto, es una desventaja que se presenta al utilizar este método (25).

III.1.2.2 GENERADOR DE HUMO QUE TRABAJA CON CALOR INTEGRADO

Este tipo de generador opera por un calentamiento integrado por medio de electricidad o por fuego proveniente de gas (25).

Además, de tener la ventaja de ser controlado automáticamente 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 que maneja grandes volúmenes de producción de alimentos ahumados (27).



1. Control de temperatura interna y alarma
2. Control termostático automático (ajustable a 390°C)
3. Soplador que transporta humo a la cámara de ahumado
4. Tolva de aserrín con alimentador ajustable al tiempo
5. Gaveta para recolección de cenizas
6. Interior galvanizado o de acero inoxidable
7. Siete soportes para charola de alimentos
8. Separador de grasa con tapa goteadora de acero inoxidable
9. Gaveta para limpieza

Figura 13. Generador eléctrico o de fuego proveniente de gas. (41)

III.1.2.3 GENERADOR DE HUMO POR FRICCIÓN

Este generador consta de una barra de madera compacta y de superficie áspera, presionada contra la superficie de un rotor o cilindro dentado que gira a gran velocidad.

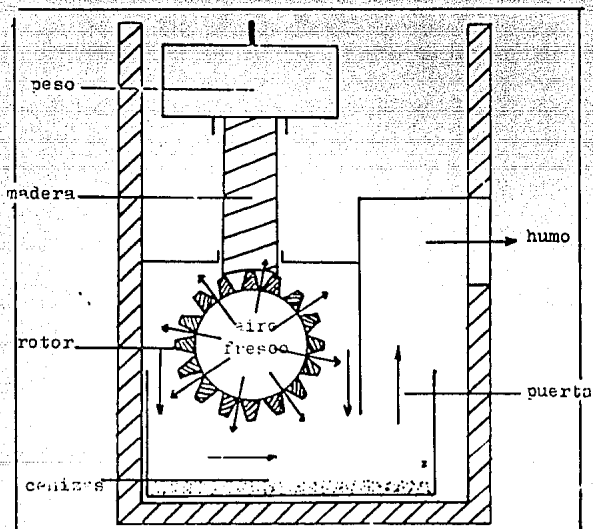


Figura 14. Generador de humo por fricción.

La superficie de contacto de la madera por ser áspera produce astillas por el efecto de la fricción desarrollándose la pirólisis de la madera, el calor de fricción es controlado periódicamente mediante el ajuste de la presión sobre el trozo de madera evitando que se quemé ésta o deteniendo el cilindro o rotor.

Igualmente, por la intervención de la rotación del cilindro dentado, donde la velocidad de rotación controla la cantidad de aire en la generación de humo, sirve para controlar el calor de fricción. La pirólisis toma lugar aproximadamente a 400°C.

Las ventajas especiales de esta técnica para la industria de carnes son: la producción de humo en corto tiempo y el bajo nivel de mantenimiento necesario.

El enrojecimiento de las virutas de madera se desarrolla a temperaturas mayores de 400°C, produciendo partículas ardientes que deberán ser apagadas en una trampa de agua o ser recolectadas en el piso de cenizas, siendo ésta una segunda área de desarrollo de pirólisis derivando humos de combustión normal (convencional), sobrepasando la temperatura de generación de humo y que podrían desarrollar compuestos indeseables de no ser eliminados (25, 70, 72).

III.1.2.4 GENERADOR DE HUMO HUMEDO

La inducción de la pirólisis, pasando una mezcla gaseosa de vapor a baja presión (1.3 atm) y de aire a lo largo de aserrín es otra posibilidad para la generación de humo.

El vapor debe mantener una temperatura de aproximadamente 300 a 400°C, conteniendo un poco de oxígeno para obtener temperaturas de composición térmica de la madera con el fin de obtener el sabor deseado del humo.

El aserrín es conducido por un gusano, pasando la mezcla gaseosa caliente a través del aserrín que entra en pirólisis.

Este método presenta como desventaja la dificultad de mantener la temperatura de pirólisis deseada, ya que al calentar la mezcla gaseosa a la madera, el tiempo de contacto entre ambas debe ser exacto para poder obtener productos ahumados de características aceptables. De lo contrario, la calidad de humo generado será pobre, provocando que la producción ahumada sea de igual forma (72).

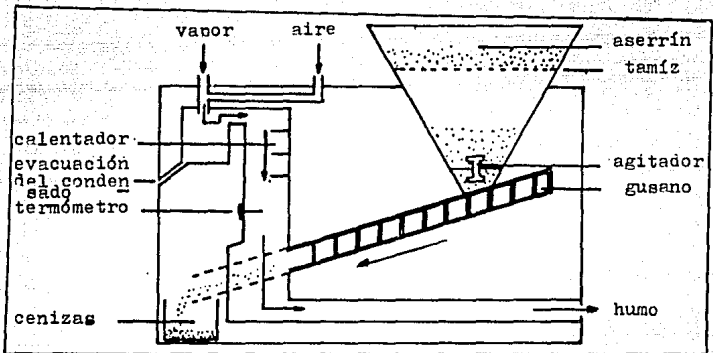


Figura 15. Generador de humo húmedo.

III.1.2.5 GENERADOR DE HUMO FLUIDO

El aserrín es introducido en un primer reactor junto con aire comprimido. Por otro lado, más aire es precalentado a una temperatura entre 300 a 400°C por medio de una resistencia eléctrica, manteniendo el aserrín suspendido en un segundo reactor bajo forma de lecho fluidizado.

El aserrín se mantiene dentro del reactor aproximadamente 10 segundos, y después es pirolizado a una temperatura de alrededor de 350°C.

El humo y las cenizas son separadas por medio de un ciclón de aire. Los residuos sólidos caen en un recolector de cenizas, siendo el humo desalojado hacia la cámara de ahumado. Este tipo de generador no es muy socorrido en la industria por ser de naturaleza más compleja (25, 70).

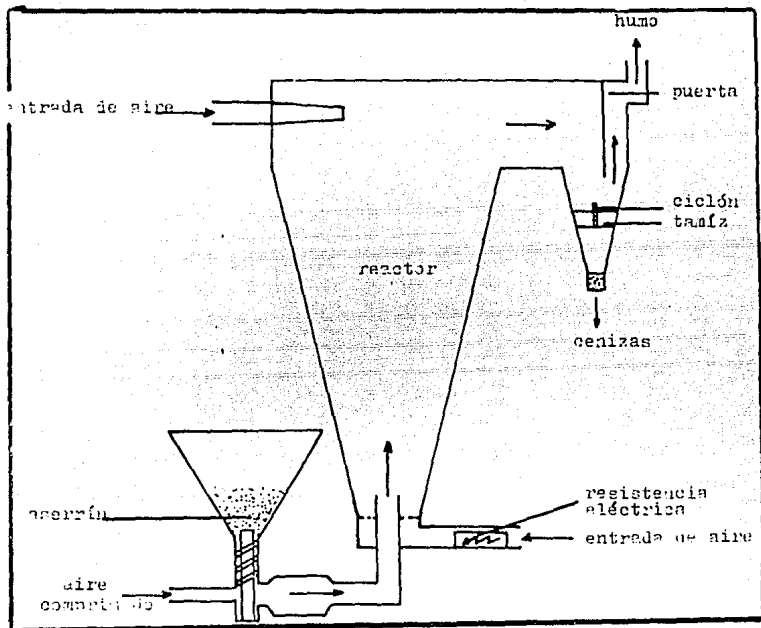


Figura 16. Generador de humo fluido.

III.2 CARACTERISTICAS DE LOS HUMOS EN RELACION A LA TECNOLOGIA DE PRODUCCION

Las características de los humos obtenidos en relación con las diferentes tecnologías de producción de humo están representadas en la Tabla 11.

La temperatura de combustión es fácilmente regulada en el caso de generadores de humo fluido, en "dos etapas" y de carbonización. Por el contrario, en el caso de un generador de humo convencional, humo húmedo y de un generador de humo por fricción, la temperatura es difícilmente regulable.

La temperatura de los humos obtenidos son del orden de 20°C excepto, los humos obtenidos por la generación en "dos etapas" y por el generador de humo húmedo. En este último método, los humos generados son cargados de humedad y la temperatura es de aproximadamente 80°C.

Los humos obtenidos por el generador de humo húmedo, de humo que trabaja con calor integrado y de humo por carbonización tienen poca carga de oxígeno; por el contrario, los humos producidos por generadores de humo convencional, humo por fricción, humo fluido, humo en "dos etapas" y humo de Tóth, tienen elevadas cargas de oxígeno que tendrá repercusión sobre el sabor de los productos ahumados (25, 38).

<u>Generador de humo</u>	<u>Temperatura de Combustión (°C)</u>	<u>Modo de Combustión</u>	<u>Temp. del humo (°C)</u>	<u>Características del humo obtenido</u>
convencional	400 - 800	con flama	20	seco, denso, rico en oxígeno
que trabaja con calor integrado	300 - 400	con o sin flama	20	seco, denso, pobre en oxígeno
por fricción	300 - 400	sin flama	20	seco, denso, muy rico en oxígeno
húmedo	300 - 400	sin flama	80	húmedo, denso pobre en oxígeno
fluido	300 - 400	sin flama	20	seco, denso, rico en oxígeno
en "dos etapas"	300 - 400	sin flama	30	seco, denso, rico en oxígeno
por carbonización	300 - 400	sin flama	20	seco, denso, pobre en oxígeno
de Tóth	300 - 1000	con flama	20	seco, denso, rico en oxígeno

Tabla 11. Tecnología de producción de humo y características de los humos obtenidos (38).

III.3 TECNOLOGIA DE AHUMADO

En la tecnología moderna, el generador de humo y el ahumador están separados por diversas razones:

1. En ahumadores usados para la producción de productos cárnicos con altos y bajos contenidos de humedad, la humedad relativa derivada durante el procesamiento 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. El equipo tradicional fue operado con poco movimiento y bajo acceso de aire. Las cámaras de humo actuales usan circulación de aire constante en algunas ocasiones, manteniendo control de temperatura (50).

III.3.1 ACONDICIONAMIENTO DEL PRODUCTO

La mayoría de los productos que son ahumados son húmedos y fríos, en consecuencia para obtener buenos resultados en el proceso se deben considerar lo siguientes puntos:

1. Una misma carga de producto no tiene siempre la misma temperatura y contenido de humedad en la superficie. Después de haber estado colgado durante un tiempo prolongado en la fábrica, el producto se seca y cambia de temperatura.
2. Para tener una carga ahumada de peso uniforme, deben tener todas las piezas el mismo contenido de humedad en la superficie. Cuando el producto deba ahumarse a mayor temperatura, y se empiece el proceso desde ahumado, cambiará entonces el contenido de humedad y aumentará la temperatura en forma diferente en los productos. Esto trae como consecuencia que el producto absorba humo irregularmente.

Para el acondicionamiento pueden establecerse dos diferencias, dependiendo de la forma del producto: en forma de anillo y en forma recta.

Los productos en forma recta pueden acondicionarse a temperaturas mayores (60°C) y a una humedad relativa de 80% aproximadamente. Al principio se condensa mucha agua en la superficie del producto que se escurre. Durante la condensación del vapor de agua, la temperatura del producto va en aumento hasta llegar a un equilibrio con el aire húmedo, interrumpiéndose la condensación de agua. La humectación de la superficie desde el interior es muy pareja en toda la carga, teniendo como consecuencia que el producto mantenga igual humedad en la superficie.

Cuando el acondicionamiento ha progresado el producto se encuentra en condición óptima de ser ahumado, siendo la superficie húmeda pero no mojada.

Los productos embutidos en forma de anillo deben tener otro acondicionamiento con una humedad relativa menor a la temperatura que se desee. La humedad relativa debe elevarse lenta y progresivamente hasta alcanzar un valor de 80% para evitar que se condense vapor de agua más rápido en la superficie exterior que en la superficie interior del producto (77).

III.3.2 AHUMADO TRADICIONAL

En este método el humo es introducido en la cámara de humo donde se efectúan tres funciones: ahumado, cocido y secado.

La temperatura de la cámara de humo varía entre 20°C (ahumado en frío) y 80°C (ahumado en caliente).

La humedad es un parámetro preponderante. Ella rige la absorción y adsorción de los componentes del humo en la superficie y en la masa del producto (49).

Es necesario que haya una buena turbulencia en el interior de la cámara. Este método presenta como desventaja el ser muy largo, ya que se necesitan muchas horas para un ahumado en caliente y así mismo muchos días para un ahumado en frío (50).

III.3.3 AHUMADO 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 (24).

El humo líquido se coloca en un atomizador especial, y una vez atomizado se carga electrostáticamente. El producto con una carga opuesta se escurre colgado frente al atomizador.

Por la atracción electrostática se adhieren las finas gotas sobre el producto.

Siguiendo este principio, se propuso un tratamiento para el producto en tres etapas en un sistema de dos hornos y de una cámara de ahumado. El paso en el primer horno tiene como fin llevar a cabo el cocimiento del producto y de facilitar la absorción de los compuestos del humo.

Una vez cocido el producto, es introducido en el ahumador electrostático (fig. 17). El tiempo de permanencia a través del campo eléctrico es de 4 a 5 minutos. El producto tratado pasa a través del 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 minutos (25, 38).

Las ventajas y desventajas que presenta este método frente al método de ahumado tradicional son las siguientes:

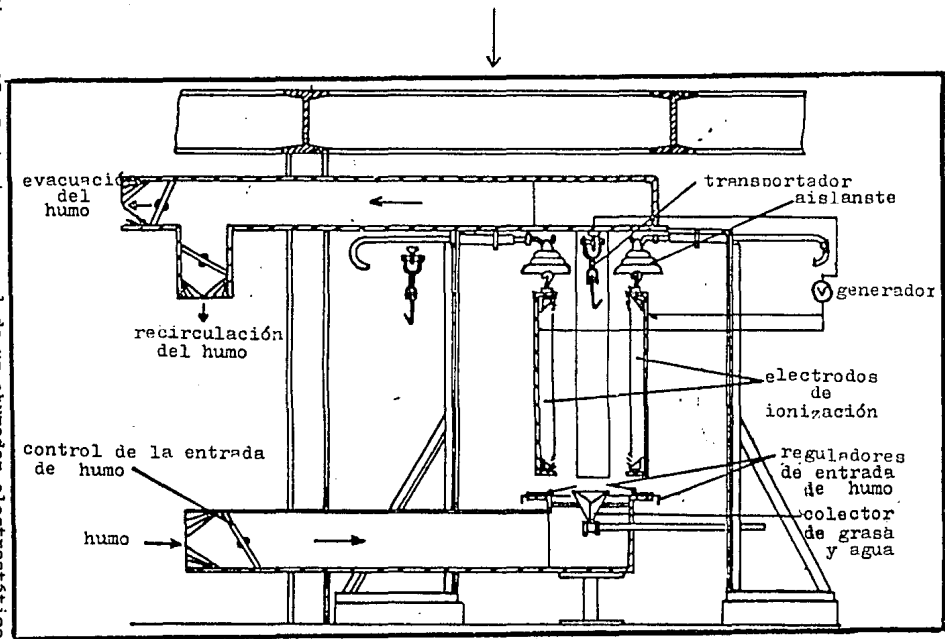
Ventajas

- reduce el tiempo de ahumado considerablemente
- permite eliminar o disminuir la cantidad de PAH
- se tiene mayor rendimiento en el uso del humo líquido
- se puede mejorar el sabor de los productos ahumados

Desventajas

- se necesita seguridad de personal extrema, ya que se pueden presentar cortos circuitos en el equipo
- existe la duda de que si el humo líquido se reparte igualmente en toda la carga
- debe dudarse si es un método realmente económico, ya que los costos de suministro son muy altos
- el tratamiento electrostático de humo provoca problemas de limpieza en los filtros, siendo ésto una enorme deficiencia en la instalación (24, 37, 77).

Figura 17. Corte transversal de un ahumador electrostático



III.3.4 HUMOS LIQUIDOS

Se distingue del proceso tradicional o del electrostático en que por motivos esencialmente higiénicos, el producto no es sometido directamente a la acción del humo, y que por razones prácticas el tratamiento final para el aroma del humo no sigue necesariamente la fase de producción de humo clásico.

El humo de los generadores durante su enfriamiento, el hollín y alquitrán son separados y condensados dentro de tubos entre la cámara de humo y el generador. La eliminación de PAH, hollín y alquitrán puede ser facilitado lavando o filtrando el humo. Se recomienda la separación completa de partículas de humo por medio de equipos de filtración, pero causa pérdidas significativas de los constituyentes del sabor del humo, lo cual también sucede lavando el humo (72).

La entrada de humo en la cámara para ser aplicado por el método de atomización, equilibrado con la temperatura de ésta, dependerá del producto que se esté tratando. El procesamiento puede ser diferenciado por temperaturas de la siguiente manera:

1. Ahumado frío, temperatura de 15 a 25°C
2. Ahumado tibio, temperatura de 25 a 50°C
3. Ahumado caliente, temperatura de 50 a 85°C

Dependiendo de la humedad, el humo es caracterizado como seco o mojado. La temperatura y humedad de la cámara de humo son ajustadas según lo requiere el producto.

El ahumado en tibio de los productos cárnicos, es considerado como un tratamiento especial. Por ejemplo: los embutidos fermentados, tipo salami, son ahumados en frío; pero pueden ser ahumados en tibio a una temperatura de aproximadamente 40°C (70).

Han ido en aumento los esfuerzos para reducir las emisiones de las cámaras de humo, como requisitos ambientales para eliminar gases. Las emisiones puede ser reducidas por la condensación de humo en trampas de agua, filtros eléctricos, combustión total o usando menos humo en procesos donde se obtendrá menor desarrollo de color y sabor (1).

En la elaboración de embutidos, el ahumado cumple una función adicional, ya que asegura la facilidad de pelado en el paso final del proceso donde sea necesario, como en el caso de salchichas sin tripa.

El humo líquido tiene las mismas propiedades funcionales que el ahumado tradicional, asegurando así la elaboración de productos de igual o mejor calidad.

Las ventajas de usar humos líquidos consiste en:

1. La eliminación del uso de aserrín y sus inconvenientes
2. Se obtienen productos de características organolépticas homogéneas
3. Se disminuye considerablemente el tiempo de elaboración
4. Se han eliminado casi totalmente los compuestos PAH que son indeseables por ser tóxicos
5. El humo líquido puede ser aprovechado íntegramente, cosa que no sucede con los humos que se aplican por un método convencional.

III.3.4.1 OBTENCION DE HUMOS LIQUIDOS A NIVEL LABORATORIO

Diversas investigaciones han llegado a la conclusión de que durante el tratamiento para condensar humo ocurre una importante pérdida de fenoles.

Se ha desarrollado un equipo mediante el cual la condensación de humo se lleva a cabo haciendo pasar éste a través de fibra de vidrio, siendo atrapado en agua contenida en un matraz después de ser enfriado por un refrigerante de agua.

Aproximadamente el 50% de los fenoles son condensados por el refrigerante. La condensación total del humo se obtiene lavando el matraz, haciendo pasar agua por el tubo relleno con fibra de vidrio. Solamente una pequeña cantidad de compuestos volátiles, insolubles en agua, pasan a través del aparato, pero su efecto en el olor es inapreciable, no siendo importante la presencia de éstos en el humo (49, 70).

III.3.4.2 OBTENCION DE HUMOS LIQUIDOS A NIVEL INDUSTRIAL

La mayor parte del equipo usado para la condensación de humo a nivel industrial es muy similar al utilizado a nivel laboratorio. Se ha desarrollado un método para condensar humo casi totalmente, haciendo pasar humo a través de un ciclón separador, un tubo relleno de fibra de vidrio y una columna abierta que contiene grandes tubos de vidrio y agua.

Cenizas, hollín y alquitrán son depositados dentro del ciclón separador. Grandes partículas son absorbidas por diversos

lechos de fibra de vidrio o son separadas y obtenidas en la fase gaseosa por medio del lavado de los constituyentes del humo con agua. El sistema es conectado a una bomba de vacío, que provee al primero de un suficiente vacío para forzar el agua que permanece en la columna abierta y que pasa el humo a través de la columna.

Solamente una pequeña cantidad de humo no es condensada, y ésta es eliminada por succión. La condensación de éste puede ser posible usando una segunda columna conteniendo un disolvente orgánico adecuado.

Después de desconectar o apagar la bomba de vacío, el agua es recolectada en un depósito. El agua es de color amarillo hasta amarillo-café, dependiendo de la cantidad de compuestos de humo disueltos.

Las partículas del ciclón separador, así como los tubos rellenos con fibra de vidrio, pueden ser lavados con solventes orgánicos o soluciones alcalinas. Los cambios no son críticos, por ejemplo, si no se planea hacer análisis de los constituyentes. Por otra parte, este equipo reduce las emisiones de humo en un ahumador (49, 70).

III.3.5 APLICACIONES DE HUMO LIQUIDO

La forma de aplicar humo líquido en los alimentos puede ser de dos formas: interna o externa (60, 78).

III.3.5.1 APLICACION INTERNA

III.3.5.1.1 ADICION A LA MEZCLA

Esta aplicación se usa cuando no se desea una superficie de color ahumado o cuando se aplica humo líquido adicional a la superficie de los productos para desarrollar color (63).

El humo líquido es adicionado directamente en 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 salchichas, salchichones, salami, longaniza y chorizo (6).

Ventajas

1. Control exacto sobre el nivel de sabor ahumado, resultando un producto de calidad constante.
2. Sabor ahumado uniforme en todo el producto.
3. Es una forma económica de adición de humo porque todos los componentes son íntegramente utilizados.
4. No se necesita ningún generador de humo ni ahumador para aplicarlo.
5. El tiempo de procesamiento puede reducirse porque son eliminados tanto el secado inicial como períodos completos de ahumado, pudiéndose cocinar al vapor los productos inmediatamente.

Desventajas

1. No se producirá un color típico en la superficie.
2. En los productos embutidos no ocurrirá la coagulación de las proteínas en la superficie que ayudan al pelado de la tripa (17, 30).

Existen actualmente varios humos líquidos en el mercado que se pueden aplicar a la mezcla, entre ellos se encuentra el elaborado por Red Arrow Products Co. Inc. llamado SmokEz, que se puede adicionar de 130 a 200 ml por 100 kg de dosis en la mezcla, para producir un nivel aceptable de sabor ahumado, pudiéndose ajustar según las preferencias individuales en sabor ahumado, teniendo un costo de 1.62 US Dlls./kg (27).

III.3.5.1.2 INYECCION 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. Estos ácidos reaccionan con el nitrito en el producto dando como resultado el característico gas dióxido de nitrógeno (18).

La adición de los humos líquidos en los productos por inyectar es un método extremadamente eficiente de aplicación, obteniéndose sabor uniforme y altamente deseable, así como también es un método reproducible aplicándose a jamones, pechugas o similares (21, 63).

En el mercado nacional existen humos líquidos que se pueden aplicar por medio de salmuera y que tienen un costo promedio de 12.67 US Dlls./kg, siendo la dosis de uso de 0.3 - 0.5 ml/l de salmuera. La desventaja de utilizar este tipo de humos líquidos es que no están diseñados para producir color ahumado sobre la superficie de la carne, siendo su costo mayor porque fueron obtenidos cuidadosamente para que posean una baja concentración de ácidos orgánicos, eliminando de esta manera problemas asociados con nitritos y ácidos (27).

III.3.5.1.3 APLICACION POR MASAJEO O MEZCLADO

La aplicación de humos líquidos durante el proceso de masajeo o mezclado es un método efectivo de aplicación de humos líquidos a productos de jamón y tocino, por ejemplo.

El nivel de uso en el proceso puede variar en función de la preferencia del cliente; sin embargo, se recomienda un nivel inicial de 125 - 185 g/100 kg de producto terminado, siendo el precio de 7.24 US Dlls/kg de un humo para esta aplicación (18).

III.3.5.2 APLICACION EXTERNA

III.3.5.2.1 ATOMIZACION

La atomización es un método fácil y eficiente para la aplicación de humo líquido y que puede ser adaptado fácilmente a una cámara de ahumado.

Este método 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 (fig.18).

La instalación del atomizador puede ser de manera vertical u horizontal (figs. 19, 20) con respecto al piso en una de las esquinas de la cámara de humo, permitiendo a las partículas atomizadas moverse libremente para entrar en contacto con las paredes de la cámara de humo, producto o carro de producto antes de completar la dispersión de la nube atomizada.

Se debe tener precaución de que la nube dispersada tenga una distribución eficiente, de manera que los productos que se encuentren hasta abajo de los carros tengan contacto con la nube, a la vez que ésta no se desperdicie por depositación en el piso de la cámara de humo. Si el tamaño de la cámara es muy grande y la demanda de humo líquido también y no puede ser cubierta por un sólo atomizador, se puede instalar otro atomizador en la cámara de humo (fig. 21); (59, 80).

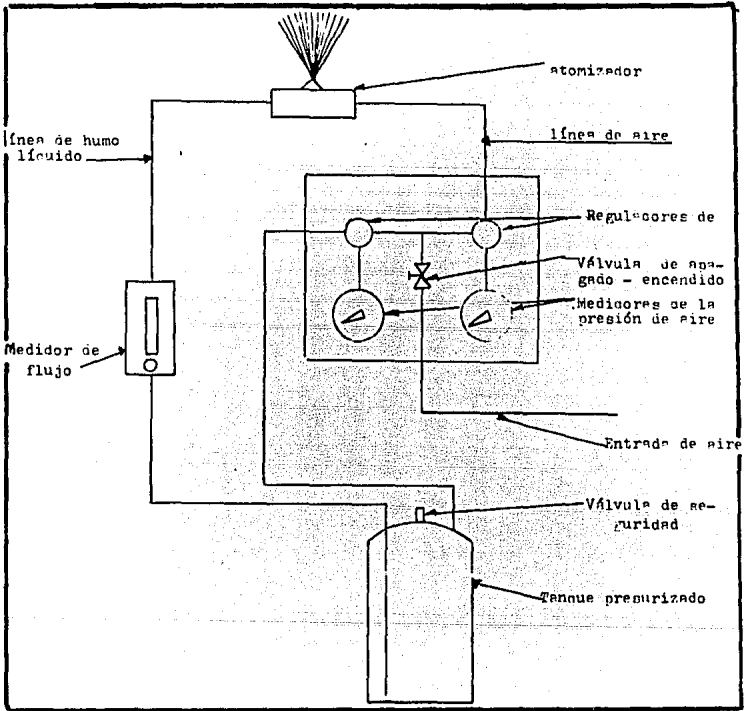
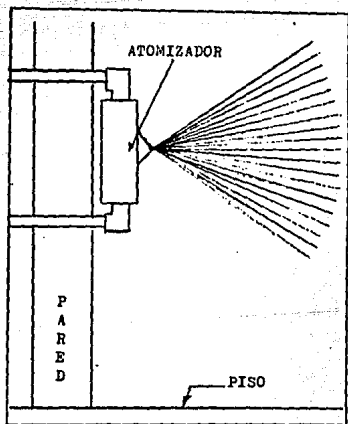
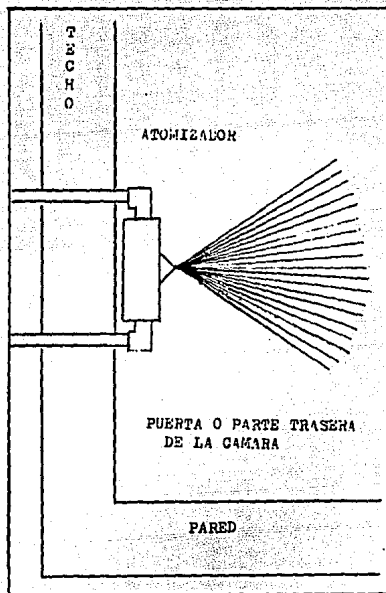


Fig. 18. Diagrama de un sistema de atomización.



Figs. 19 y 20. Atomizador en posición vertical y horizontal, respectivamente.

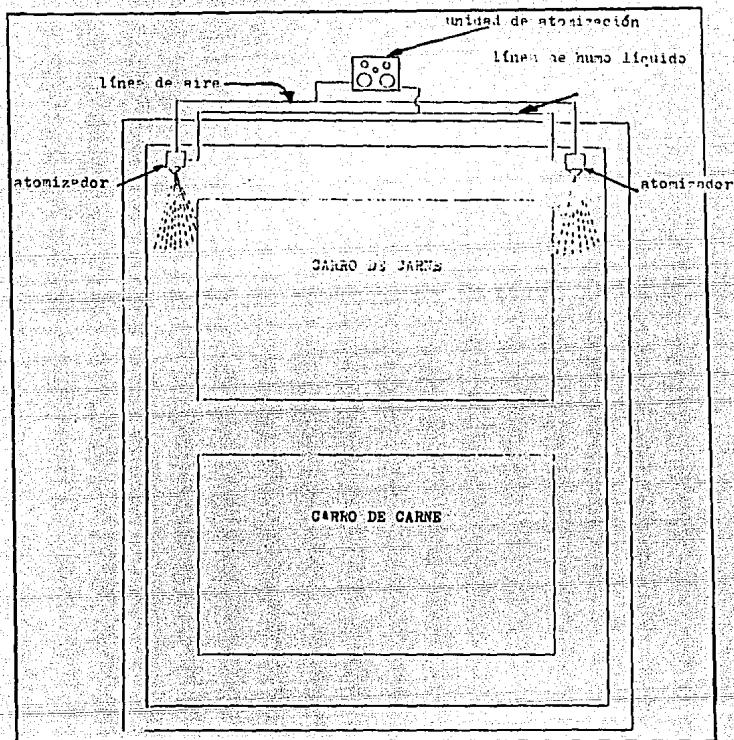


Figura 21. Instalación de dos atomizadores en posición vertical en una cámara de ahumado.

Ventajas

1. Uso de los tipos existentes de ahumadores sin necesidad de mayores modificaciones.
2. Color uniforme sin variabilidad entre los ahumadores.
3. Eliminación de los problemas asociados con la acumulación de alquitrán propio de humos líquidos de concentración baja y del ahumado tradicional.
4. Mantenimiento más fácil del equipo y disminución del desgaste de los ahumadores.
5. Los programas son fácilmente adaptables al proceso de atomización (26).

El nivel exacto de uso necesario para impartir el color y sabor de humo deseables, depende del tipo de producto y la intensidad final requerida de color y sabor. Se recomienda el intervalo de niveles de 60 - 180 g/kg de producto, para propósito de pruebas iniciales, teniendo un costo el humo líquido de 3.93 US Dlls./kg. La cantidad de humo líquido va a depender del volumen del ahumador que debe llenarse con el humo atomizado para envolver al producto completamente (27).

III.3.5.2.2 INMERSION

A menos que se realice de manera semiautomática, la inmersión de cualquier tipo de embutido en humo líquido, es la forma menos eficiente de aplicación (20).

El uso de mano de obra no calificada para el necesario manejo puede resultar en un acabado no uniforme del producto y en desperdicio de humo líquido. Generalmente, la inmersión en soluciones de humo líquido se practica 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.

La mayoría de las empacadoras aplican la solución de humo por inmersión en un tiempo de 30 a 60 segundos, en una dosis de 250 - 500 g/kg de producto, teniendo un costo la solución de 3.91 US Dlls./kg (17, 19, 27).

III.3.6 APROBACIONES GUBERNAMENTALES

Durante el proceso de elaboración de los productos de la carne, el humo de madera y los extractos de sabor de humo son bien aceptados, y por consiguiente aprobados como lo indica la Ley General de Salud en lo referente al Título V, capítulo V, Art. 487; siempre y cuando se señale en las etiquetas de los productos de la carne el texto "ahumado natural" o "ahumado artificial", según el caso, Art. 492; además de indicar que cuando el ahumado de los productos se efectúe con humo de madera, ésta deberá ser de origen madera dura, no resinosa, eliminando completamente la utilización de humo derivado de madera débil. Por lo tanto, se pretende que el producto tenga buenas propiedades organolépticas y que por naturaleza posea la mínima cantidad de compuestos PAH, principalmente 3,4 benzopireno, Art. 497 (45).

Además en el Título IX, Art. 688, en lo referente a aditivos de la Ley General de Salud, se establece que queda permitido

el uso de humo líquido de origen natural y artificial (45).

Por otra parte, sólo existe una sola norma oficial de calidad para un producto ahumado, siendo éste "entrecot ahumado", publicado en 1969, en donde se señala que en el ahumado se emplearán diferentes clases de maderas, quedando a juicio del productor el tipo de éstas; así como también las condiciones de tiempo y temperatura, sin hacer mención del uso de humo líquido (53).

En las Normas Oficiales de Calidad más actuales de embutidos, sí se hace mención del uso de humo líquido, e inclusive de la autorización para ahumar con éstos. Por ejemplo, se puede mencionar el caso de la Norma Oficial Mexicana para Salchichas NOM-F-65-1984, que en el apartado 5.5.7 se asienta "se declara ahumado natural, cuando se utilice humo natural o sus extractos líquidos; se declara ahumado artificial, cuando se utilicen sus equivalentes sintéticos", autorizándose el someter a proceso de ahumado a las salchichas, además de permitir el uso de humo líquido, como lo indica el apartado 5.5 (54).

CAPITULO IV
EFFECTOS INDESEABLES DEL AHUMADO

Así como se obtienen efectos benéficos al someter al ahumado a un producto cárnico, también se derivan ciertas desventajas que pueden traducirse a una disminución de nutrientes indispensables y contaminación con compuestos tóxicos.

IV.1 PRESENCIA DE HIDROCARBUROS POLICICLICOS AROMATICOS (PAH)

Las fuentes de contaminación con hidrocarburos policíclicos aromáticos en el medio ambiente son de diversos orígenes, entre los que destacan: las emisiones de humo de vehículos automotores y el humo del tabaco, resaltando la presencia del benzopireno entre todos los PAH (11).

La fase dispersa de humo contiene concentraciones elevadas de PAH que pueden ser removidas por precipitación, antes de ser depositado 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 PAH. Siendo la concentración máxima de benzopireno de 1 ppb, la que se permite en Alemania en productos cárnicos ahumados, ya que éste es el país que más ha estudiado y legislado la presencia de éste compuesto. El intervalo de concentración de benzopireno en algunos productos cárnicos se observa en la Tabla 12, en donde se demuestra que la coloración es un factor indicativo para la detección de benzopireno cuando se ha ahumado con humo (3).

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

1. En el momento de la producción de 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.

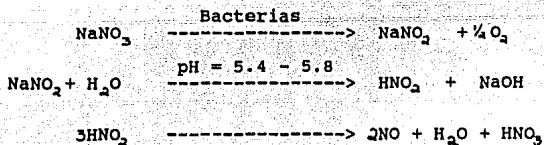
Tabla 12. Relación entre el contenido de benzopireno y la coloración de productos cárnicos ahumados.

<u>Muestra Ahumada</u>	<u>Contenido de Benzopireno (ppb)</u>	<u>Características</u>
Embutidos	0.0 - 6.15	Mayor concentración en embutidos de pequeño diámetro, color claro
Jamón, tocino fermentado o cocido	0.1 - 3.10	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

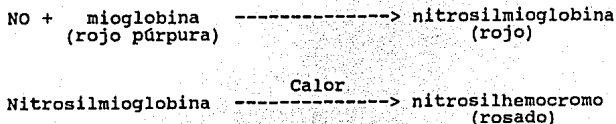
IV.2 FORMACION DE NITROSAMINAS

Las sales de nitritos y nitratos se usan en la mezcla de curado de diferentes productos cárnicos. La función de estas sales consiste en: a) desarrollar color característico; b) actuar como agente inhibidor del crecimiento de *Clostridium botulinum* y c) 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 nitrosilhemocromo durante el subsecuente tratamiento térmico (5).



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 de tracto digestivo, urinario, hígado y tejidos reproductores (74).

Las nitrosaminas que han sido más investigadas son la nitrosopirrolidina (NPYR), nitrosodimetilamina (NDMA), nitrosotiazolidina (NTHZ), todas ellas en tocino cocido y /o freído después de haber sido ahumada (64).

La prolina (PRO) es convertida a NPYR por dos vías (fig. 22). La primera involucra nitrosación inicial de PRO para después ser descarboxilada; mientras que en la segunda vía, la PRO es primero descarboxilada a PYR seguida de nitrosación hasta NPYR.

La conversión de nitrosoprolina (NPRO) a NPYR ocurre a temperaturas más bajas que la transformación de PRO a PYR; la vía que involucra el intermediario NPRO es la ruta más aceptada. Aproximadamente del 10 al 40% de NPRO formado durante el cocimiento del producto cárnico ahumado es suficiente para obtener una concentración de NPYR significativa.

El mecanismo de formación de NPYR se lleva a cabo a un intervalo de 80° a 160°C, ocurriendo la descarboxilación de prolina a temperaturas mayores de 100°C (35, 43, 67, 74).

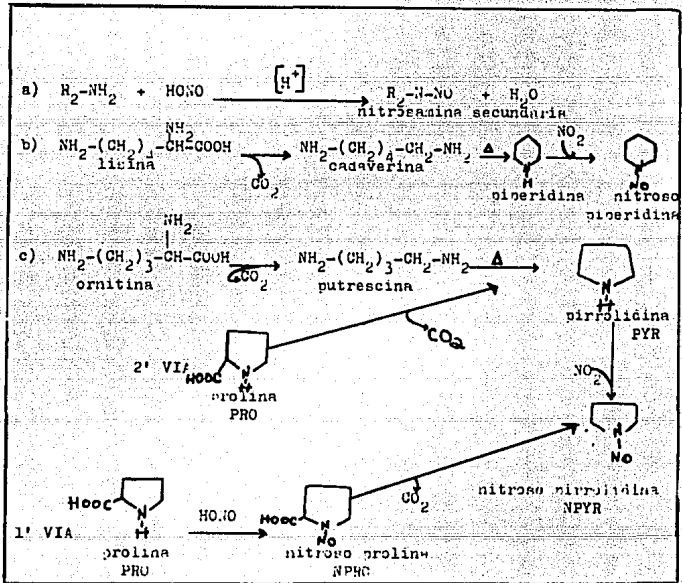


Figura 22. Formación de nitrosaminas a partir de aminoácidos y aminas secundarias.

La nitrosotiazolidina (NTHZ) y el ácido nitrosotiazolidín carboxílico (NTCA), aparecen en las carnes ahumadas por resultado de la reacción de cisteamina y cisteína respectivamente con el formaldehído del humo seguido de una nitrosación. La descarboxilación de NTCA a NTHZ se lleva a cabo a bajas temperaturas, de manera que el formaldehído puede reaccionar con cisteína para obtener el ácido tiazolidín carboxílico (ATC), el cual es convertido a NTHZ por dos vías (fig. 23).

La formación de ácido tiazolidín carboxílico (ATC) se lleva a cabo a partir de una temperatura de 80°C, mientras que la transformación a NTCA se lleva a cabo a 108°C (48).

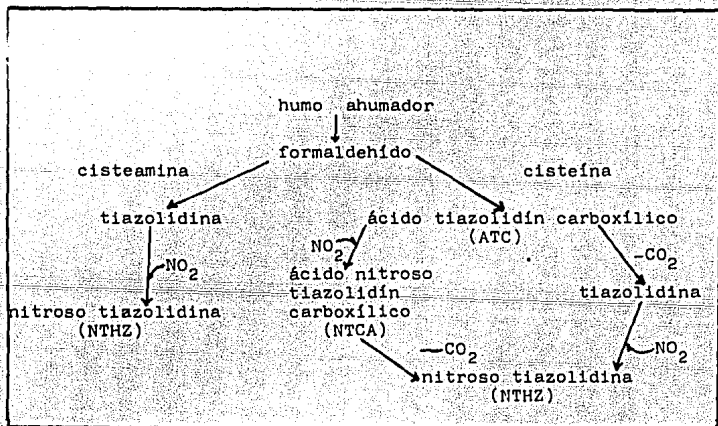


Figura 23. Posible mecanismo para la formación de nitroso tiazolidina (NTHZ).

Las investigaciones indican que la formación de nitrosaminas ocurren solo en la superficie del producto durante el ahumado. La incorporación de humo líquido durante el curado no disminuye considerablemente la formación de NHTZ.

Alemania es el país que más ha estudiado el efecto de las nitrosaminas desarrolladas en los productos cárnicos ahumados, permitiendo una concentración máxima de formaldehído de 1.2 $\mu\text{g}/\text{Kg}$, dado que este límite nunca es rebasado bajo condiciones normales de ahumado (31).

IV.2.1 INHIBICION DE NITROSAMINAS

Básicamente las dos estrategias para reducir los niveles de nitrosaminas en el tocino ahumado consiste en eliminar o reducir nitritos en el producto, mientras que en el segundo sugiere adicionar un inhibidor de las reacciones de nitrosación en los productos durante su procesamiento.

Se recomienda que el nivel de nitritos residual sea de 156 ppm a 120 ppm con la inclusión de 550 ppm de ascorbato de sodio. Como ejemplo se puede citar el caso de tocino elaborado con 40 ppm de nitrito y 0.26% de sorbato, el cual desarrolla una concentración de 8.7 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de NPVR; mientras que otro tocino preparado con 120 ppm de nitrito contiene una concentración de 28.1 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de NPVR. Esto marca una reducción en los niveles de NPVR cuando se disminuyen las concentraciones de nitritos, presumiendo que el sorbato posee actividad antinitrosamina, inhibiendo la formación de

nitrosaminas por medio de una sal curante compuesta por nitrito-sorbato.

Las principales características que debe presentar un agente inhibidor potente en el tocino son: a) habilidad para atrapar radicales NO^{\bullet} , b) soluble en lípidos, c) no volátil, d) estable a una temperatura de 174°C (temperatura máxima de freído).

La inhibición de formación de nitrosaminas con alfa tocoferol, que es un agente reductor, se debe hacer con un emulsificante en la mezcla de curado para obtener una distribución homogénea en el producto, disminuyendo los niveles de nitrosaminas considerablemente cuando se usan concentración de alfa tocoferol de 250 ppm a 500 ppm.

Por lo tanto, el alfa tocoferol mezclado con la sal de curación y un emulsificante es el inhibidor más efectivo de la formación de nitrosaminas, considerándose la aplicación de este sistema como seguro, efectivo y viable (32, 57, 69).

IV.3 COMPUESTOS FENOLICOS CON ACTIVIDAD MUTAGENICA

Algunos fenoles derivados del humo tiene propiedades toxicológicas. Se han reportado efectos carcinogénicos o cocarcinogénicos de fenoles desarrollados por el humo del tabaco. Pero también se han detectado efectos mutagénicos causados por algunos fenoles encontrados en la fracción fenólica del humo ahumador, presumiendo que los fenoles

pueden reaccionar con los nitritos en el curado de los productos cárnicos para formar nitro y nitrosfenoles que pueden actuar como potentes catalizadores en la formación de nitrosaminas. Además de que los nitro y nitrosfenoles pueden presentar efectos mutagénicos encontrándose en los productos cárnicos ahumados en concentraciones peligrosas para el hombre que aún no han sido determinados (12, 36, 75).

IV.4 EFECTOS SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL

Durante el ahumado de los productos cárnicos hay una disminución en la concentración de ciertos aminoácidos, particularmente lisina. La pérdida de lisina y de otros aminoácidos indispensables es proporcional al tiempo y temperatura del proceso, pudiendo alcanzar un 55% de destrucción por el método de ahumado tradicional, cuando la temperatura de generación se incrementa hasta más de 600°C.

La lisina es aproximadamente cuatro veces más sensible que los demás aminoácidos indispensables, presentándose una relación directamente proporcional al grosor del producto ahumado. En el peor de los casos, la pérdida de lisina disminuye considerablemente la utilización de proteína neta del alimento ahumado (NPU). Por lo tanto, se debe mantener la temperatura de generación en 400°C aproximadamente para evitar el deterioro de la calidad nutricional de la carne y sus derivados ahumados.

La reacción de coloración entre los constituyentes del humo y los aminoácidos de los productos ahumados causa la pérdida de aminoácidos indispensables también, provocando que los productos cárnicos ya no sean de primera calidad por haber sido destruidos parte de sus aminoácidos indispensables.

Con respecto a la pérdida de vitaminas, durante el ahumado se presenta disminución de la concentración de tiamina o vitamina B₁, de 2 a 25%, además de disminuir niacina y riboflavina o vitamina B₂, atribuyéndose estas pérdidas al tratamiento térmico más que al humo empleado (10, 13).

CONCLUSIONES

El proceso de ahumado resulta ser un buen medio de conservación para la carne y sus derivados, siempre y cuando se utilice materia prima de buena calidad.

Durante la generación de humo o aplicación de humos líquidos para el ahumado se producen compuestos químicos, entre los que destacan los fenólicos, que juegan un papel importante para el desarrollo del sabor; así como también tienen un efecto bacteriostático y en concentraciones elevadas como bactericida, aumentando la conservación de dichos alimentos, además de actuar como antioxidantes protegiendo a las grasas de los productos ahumados contra oxidaciones. Pero se sabe que actúan en la formación de nitrosaminas causando efectos en el hombre que aún no han sido identificados ni precisada su acción.

Otros compuestos que también actúan y que se generan, que son indispensables para obtener las características sensoriales, son los compuestos carbonílicos, los cuales ayudan al desarrollo de una coloración agradable y aportan sabor. A la vez que todos los compuestos químicos producidos al reunirse en los alimentos ahumados interactúan o solo se depositan para conferir características organolépticas que hacen ser únicos a tales alimentos en el mercado, dependiendo directamente de las condiciones y métodos tecnológicos que se empleen para producir, obtener y aplicar el humo, contando con métodos para la eliminación de compuestos indeseables que provocan alteraciones en el organismo.

Para obtener productos cárnicos ahumados de la mejor calidad, se debe utilizar madera para generar humo de tipo dura-no resinosa, que ha sido aprobada por el Gobierno mexicano; seguir una combustión incompleta de la madera; mantener la temperatura de pirólisis entre $400 \pm 10^{\circ}\text{C}$, con una humedad de la madera de 20 a 30%. La concentración de oxígeno en el generador de humo debe ser de $10 \pm 5\%$. La humedad relativa de la cámara de ahumado se debe mantener entre 80% y los productos deben contener una humedad inicial de 80% aproximadamente para obtener una uniforme deposición del humo generado.

En México solo existe una Norma Oficial de Calidad para un producto ahumado y fue publicada en 1969, en la cual no se regula ninguna de las variables del proceso de ahumado actual. Pero la Ley General de Salud sí contempla y acepta el uso de humo, así como la calidad de la madera y que por consecuencia repercute en la buena calidad de los productos ahumados, por lo que sería conveniente que se elaboraran normas oficiales de calidad para evitar el uso indiscriminado del proceso de ahumado y que como resultado se eviten problemas de salud por la presencia de 3,4 Bp, además de legislar en la Ley General de Salud la concentración máxima de compuestos carcinogénicos producidos durante el ahumado.

Todos los generadores de humo presentados son la base para la obtención de éste, siendo el más eficiente el generador que trabaja con calor integrado eléctrico, porque regula las

variables del proceso de manera automática, además de aplicarse al producto de la misma forma, por medio de un eficiente y sofisticado sistema de atomización.

El empleo de humos líquidos resulta ser la forma más cómoda de ahumar, ya que se obtienen productos de características organolépticas homogéneas y constantes, además de que han sido liberados de compuestos indeseables como el 3,4 benzopireno y que pueden emplearse por diversos métodos, siendo el más usado la atomización, el cual presenta diversas ventajas, resaltando el poderse aplicar para ahumar cualquier tipo de producto en poco tiempo.

La causa del desarrollo de la coloración sobre la superficie de los productos ahumados se debe a la reacción de los grupos amino de las proteínas de la carne y los grupos carbonilo del humo, conocida como reacción de Maillard, teniendo como desventaja la disminución en la concentración de aminoácidos y, por lo tanto, del valor nutricional de la carne y sus derivados, además de haber pérdidas del contenido de vitaminas durante el ahumado con humo. Este problema se puede eliminar utilizando humos líquidos para el ahumado.

El uso de nitratos y nitritos en la elaboración de productos cárnicos, además de los beneficios que se obtienen de ellos, ocasiona la formación de ácido nitroso que al reaccionar con los aminoácidos liberados de la carne o sus derivados, al encontrarse en el medio ácido del estómago forman nitrosaminas, que son potentes carcinógenos, pudiéndose

inhibir la formación de estos compuestos por la reducción de uso de nitritos empleando 0.26% de sorbato y 44 ppm de nitrito, o bien, usando alfa tocoferol que es un agente reductor que bloquea la formación de nitrosaminas.

La vida de anaquel de un producto ahumado es de dos semanas a diez meses, si se almacena en refrigeración y congelación respectivamente, sin alterar la calidad del producto.

Por lo anterior, el proceso de ahumado de la carne y sus derivados debe ser considerado para la producción y desarrollo de nuevos productos, ya que es una atractiva opción para la conservación y presentación de éstos, además de poderse aplicar dicho proceso a otro tipo de alimentos como postres, derivados lácteos, etc.

BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo. Meat processor reduces odors. Food Engineering Int'l. (11) 45-48. 1981.
2. Anónimo. Smoke flavor you can pump with brine, give ham and bacon (abst.) Food Engineering 56 (4) 43. 1984.
3. Anónimo. The profit in smoke. Food Manufacturing (5) 71. 1986.
4. Badui, D.S. Diccionario de la Tecnología de los Alimentos. Pag. 218. Editorial Alhambra Mexicana, México, D.F. 1988.
5. Badui, D.S. Química de los Alimentos. Pag. 323-324. Editorial Alhambra Mexicana, 1a. edición, México, D.F. 1988.
6. Baltes, W.; Wittkowski, R.; Söchting, I.; Block, I.; Tóth, L. Ingredientes of smoke and smoke flavor preparations. Chemistry and technology (2) 1-19. 1983.
7. Baltes, W.; Wittkowski, R.; Söchting, I.; Block, I.; Tóth, L. The quality of food and beverages. Vol. 2. Editions Academic Press, New York. 1981.
8. Bartholomew, D.T.; Oslava, C.V. Acceptability of flavor, texture and appearance in mutton processed meat products made by smoking, curing, spicing, adding starter cultures and modifying fat source. Journal of food science. 51 (6) 1560-1562. 1986.
9. Blickstead, E.; Mollin, G. The microbial flora of smoked pork loin and frankfurter sausage stored in different gas atmospheres at 4°C. Journal of applied bacteriology. (54) 45-56. 1983.
10. Clifford, M.M.; Tang, S.L.; Eyo, A.A. Smoking of foods. 8-26. Process biochemistry. June/July 1982.
11. Cortinas de Navas, C. Actualidad del terrible mal. ICyT. Mayo, Vol. II (52) 36-41. 1989.
12. Curvall, M.; Florin, I.; Janson, T. Mutagenicity of some indoles and related compounds in the Ames test. Toxicology. (23) 1-10. 1982.
13. Daun, H. Interaction of wood smoke compounds and foods. Food technology. 33 (5) 67-71. 1979.
14. Donnelly, L.S.; Ziegler, G.R.; Actor, J.C. Effect of liquid smoke on the growth of lactic acid starter cultures used to manufacture fermented sausage. Journal of food science. (47) 2074-2075. 1982.

15. Dorner, W.G. Phenolic compounds in smoke components and their analysis. Ernährung 8 (7) 395-398. 1988.
16. Draud, H. Composition of a smoked condensate. 17 (2). 324-326. Food technology. 1985.
17. Dummann World Trade Co. Inc. Aplicación de humo líquido a salchichas en tripa natural, sin tripa y de superficie colorada. Pag. 38-40, 49. P.O. Box 18665, Milwaukee, Wisconsin. 53218-0665, USA. 1989.
18. Dummann World Trade Co. Inc. Aplicación de humo líquido a jamones y similares. P.O. Box 18665, Milwaukee, Wisconsin 53218-0665, USA. 1989.
19. Dummann World Trade Co. Inc. Humo saborizante de pescado, mariscos y alimentos marinos. P.O. Box 18665, Milwaukee, Wisconsin 53218-0665, USA. 1989.
20. Dummann World Trade Co. Inc. Humo saborización de quesos. P.O. Box 18665, Milwaukee, Wisconsin 53218-0665, USA. 1989.
21. Elaboración de Productos Cárnicos. Pag. 38-40, 49. Manuales para la educación agropecuaria. Editorial SEP/Trillas. México, D.F. 1985.
22. Frazier, W.C. Microbiología de los alimentos. Pag 83-84. Editorial Acribia, 2a. Edición, Zaragoza, España. 1976.
23. Fretheim, K; Granum, P.E.; Vold, E. Influence of generation temperature of chemical composition, antioxidative and antimicrobial effects of wood smoke. Journal of food science (45) 999-1002. 1980.
24. Girard, P.J.; Talón, R.; Sirami, J. El ahumado electrostático. Su eficacia en relación a parámetros tecnológicos. Sciences des Aliments. (2) 1-15. 1982.
25. Girard, P.J.; Talón, R. La fumaison de la viande et des produits carnes. Actualites scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires. No. 25. 1980.
26. Garratov, V.; Krylova, N.; Volovinskaya, V.; Lyaskovskaya, Y. Liquid smokes for uses in cured meats. Food technology. 25 (1) 71-77. 1971.
27. Grupo PESA, S.A. de C.V. Cotizaciones y recomendaciones. Monterrey 420, Col. del Valle, México, D.F. 1991.
28. Hardy, Ph. D.; McGrill, S. Smoking of foods: methods and some toxicological aspects. Process biochemistry. (11) 2-4. 1979.

29. Hoff, J. Low boiling components of wood smoke (abstract). *Journal of chromatography* 2 (9) 269. 1964.
30. Hollenbeck, C.M. Liquid smoke flavoring-status of development. *Food technology*. (5) 89. 1979.
31. Hovey, D.; Fazio, T. Human exposure to nitrosamines from foods. *Food technology*. (1) 80-83. 1985.
32. Gray, J.; Reddy, S.; Price, J.; Mandegere, A. Inhibition of N-nitrosamines in bacon. *Food technology*. (6) 39-45. 1982.
33. Joe, F.; Salemme, J.; Fazio, T. Liquid chromatographic determination of trace residues of polynuclear aromatic hydrocarbons in smoked foods. *Journal of association of official analytical chemists*. 67 (6) 1072-1082. 1984.
34. Igene, J.O.; Tukura, D.H. Effect of processing methods on products characteristics, lipids, fatty acid composition and oxidative stability of smoke-dried beef. *Journal science food agriculture*. (37) 818-824. 1986.
35. Ikins, W.; Gray, I.; Mandagare, A.; Booren, A.; Pearson, A.; Stachiw, M. N-nitrosamine formation in fried bacon processed with liquid smoke preparations. *Journal agricultural food chemists*. (34) 980-985. 1986.
36. Jordan, S.; Tóth, L. Reaction of nitrite with phenols present in smoke used for smoking meat products. (abstract). *Fleischforschung, Kulmbach* (88) 6470-6475. 1985.
37. Kerres GmbH Co. K.G. Räucher und Kochanlagen Murrhardter Straße. 56.7157 Sulzbach (Murr) Elektrostatisch Räuchen mit Flüssigrauch. 1988.
38. Klettner, P. Modern methods of smoking meat products. *Fleischwirtschaft*. 59 (1) 73-76. 1979.
39. Koburger, J.A.; Janky, D.M.; Oblinger, J. Quality changes during frozen storage of smoked broilers. *Poultry science*. (60) 2463-2465. 1981.
40. Koch Supplies Inc. Market Master II. Koch processing and packaging equipment. 1414 W 29th, Kansas City, Missouri 64108, USA. 1989.
41. Koch Grand Prize. Electric or gas-fired smokehouse. Koch Supplies Inc. 1989.
42. Lee, J. Smoked foods-past, present and future. *Food processing, U.K.* 52 (9) 39-41. 1983.

43. Lee, M.L.; Gray, I.; Pearson, A; Kakuda, Y. Formation of N-nitrosopyrrolidine in fried bacon: model system studies. Journal of food sciences. (48) 820-824. 1983.
44. Lehninger, A.L. Bioquímica. Pag. 272. Editorial Omega, S.A. 2a. Edición, Barcelona, España. 1984.
45. Ley General de Salud. Colección Porrúa. Editorial Porrúa, S.A. México, D.F. 1989.
46. Maga, J.A.; Chen, Z. Pyrazine composition of wood smoke. Flavor and fragrance journal. 1 (1) 37-40. 1985.
47. Maga, J.A. The flavor chemistry of wood smoke. Food reviews international. 3 (1 & 2) 139-183. 1987.
48. Mandagare, A.; Grey, I.; Skyrypec, A.; Booren, A. Role of wood smoke in N-nitrosothiazotidine formation in bacon. Journal of food science. (49) 658-661. 1984.
49. Möhler, K. El ahumado. Pag. 22-24. Editorial Acribias, S.A., Zaragoza, España. 1980.
50. Möhler, K. The technology of smoke of meat products. Fleischerei. 38 (1) 26, 29-31. 1987.
51. Morrison, T.; Boyd, N. Química orgánica. Pag. 636. Editorial Fondo Educativo Interamericano, México, D.F. 1973.
52. Neel, S.W.; Reagan, J.O; Mabry, J.W.; Miller, T. Effect of rapid chilling and accelerated processing on the physical and sensory characteristics of cured pork bellies. Journal of food science. 53 (6) 1905-1906. 1988.
53. Norma Oficial Mexicana para Entrecot Ahumado. NOM-F-138-1969. SECOFI, Dirección General de Normas.
54. Norma Oficial Mexicana para Salchichas. NOM-F-65-1984. SECOFI, Dirección General de Normas.
55. Olsen, C. Smoke bacteriological and antioxidative effects. Acta alimentaria P. 3 (3) 313-324. 1977.
56. Owen, J.; Gutiérrez, F.; Pedroza, C. The preparation of smoked cooked chicken by conventional and accelerated curing methods. Poultry science. (65) 314-320. 1986.
57. Pensabene, J.; Fiddler, W. Factors affecting the N-nitrosothiazolidine content of bacon. Journal of food science. (48) 1452-1454. 1983.

58. Rao, L.; Draughon, F.A.; Melton, C.C. Sensory characters of thuringer sausage extended with textured soy protein. *Journal of food science*. 49 (2) 334-336. 1984.
59. Red Arrow. Atomization unit, model 100. Arrow products Co. Inc. Manitowoc, Wisconsin. 53220, USA.
60. Red Arrow Products, Co. Inc. Sabores de humo natural. Manitowoc, Wisconsin, 53220, USA.
61. Ruitter, A. Color of smoked foods. *Food technology*. (5) 54-63. 1979.
62. Sanz, E.C. Enciclopedia de la carne. Editorial Espasa-Calpe, S.A. 2a. Edición, Madrid, España. 1964.
63. Schneck, J.C. Liquid smoke application of cured meat. Proceedings, annual reciprocal meat. Conference of the American meat science association. 101-103. 1982.
64. Shank, C.R. Mycotoxins and N-nitroso compounds: enviromental risks. I 169-175. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 1981.
65. Sink, J.D. Effects of smoke processing on muscle food products characteristics. *Food technology* (5) 72-83. 1979.
66. Sirami, T. Application of smoking process. *Viandes et produits carnes*. 2 (6) 8-13. 1981.
67. Skrypec, D.I.; Gray, I.; Mandagere, A.; Booren, A. Effect of bacon composition and processing on N-nitrosamine formation. *Food technology*. (1) 74-79. 1985.
68. Sofos, J.N.; Maqa, T.A. Composition and antimicrobial propreties of liquid spice smokes. *Developments in food science*. (17) 453-472. 1988.
69. Theiler, R.; Sato, K.; Aspelund, T.; Miller, A. Inhibition of N-nitrosamine formation in a cured ground pork belly model system. *Journal of food science*. (49) 341-344. 1984.
70. Tóth, L.; Potthast, K. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. *Advances in food research*. (29) 87-150. 1984.
71. Tóth, L. Influence of smoking technology of smoke components in meat products. *Fleischwirtschaft*. 62 (2) 172-178. 1982.
72. Tóth, L. *Chemie der Räucherung*. Pag. 64. Verlag Chemie. Weinheim, R.F.A. 1982.

73. Ugstad, E.; Olstad, S.; Vold, E.; Hildrum, K.; Freitheim, K. **Design of a generator for studying isothermally generated wood smoke.** Journal of food science. (44) 1543-1549. 1979.
74. Valle, V.P. **Toxicología de alimentos.** Pag. 165-170. Centro panamericano de ecología humana y salud. 1986.
75. Walker, E.; Pignatelly, B.; Friesen, M. **The role of phenols in catalysis of nitrosamine formation.** Journal science food agriculture. (33) 81-88. 1982.
76. Walker, F. **Take up smoking.** Food manufacture. 56 (10) 37. 1981.
77. Wechel, L. **Te. Ahumado óptimo.** Fleischwirtschaft. 62 (10) 1264-1276. 1982.
78. Wesley, P. **Liquid smoked stays brine-soluble.** Food development. 16 (2) 30, 31. 1982.
79. Wilson, W.R. **Carne y productos cárnicos.** Pag. 72. Editorial Acribia, España. 1987.
80. Wilstreich, H.E. **The smokehouse process-application of liquid smoke.** Food technology. (5) 90-93. 1979.