



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

PRESENCIA Y TOXICIDAD DE LOS HIDROCARBUROS
AROMATICOS POLICICLICOS FORMADOS DURANTE
EL AHUMADO Y EL TRATAMIENTO TERMICO DE LA
CARNE Y SUS DERIVADOS.

287291

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A :

VERONICA ALMAZAN ARROYO

ASESOR: O.F.I. LETICIA ZUÑIGA RAMIREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



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

LIBERTAD NACIONAL
 AVANZAMA DE
 MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTTLAN
 P R E S E N T E

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

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

Presencia y toxicidad de los hidrocarburos

aromáticos policíclicos formados durante el ahumado y el
tratamiento térmico de la carne y sus derivados.

que presenta la pasante: Veronica Almazán Arroyo

con número de cuenta: 9106349-0 para obtener el TITULO de:

Química Farmacéutica Bióloga

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 12 de Julio de 2000

PRESIDENTE Q.F.B. Maricela Noe Martínez

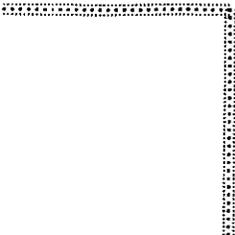
VOCAL Q.F.B. Patricia Miranda Castro

SECRETARIO Q.F.I. Leticia Zúñiga Ramírez

PRIMER SUPLENTE Q.F.B. Patricia Zúñiga Cruz

SEGUNDO SUPLENTE Q.F.B. Virginia Oliva Arellano

Manizta ya
Leticia Zúñiga Ramírez
Virginia Oliva Arellano

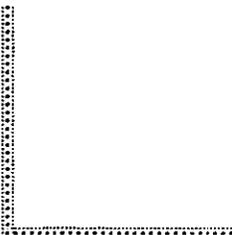


DEDICATORIA

A MIS PADRES.

*ES DIFÍCIL ENCONTRAR LAS PALABRAS
ADECUADAS CUANDO HAY TANTO QUE DECIR.
GRACIAS POR TODO SU APOYO, CONFIANZA Y
AMOR INCONDICIONAL.*

LOS AMO.



A G R A D E C I M I E N T O S

A LA Q.F.I. LETICIA ZÚÑIGA RAMÍREZ POR TODO
SU APOYO Y DIRRECCIÓN QUE ME BRINDÓ
DURANTE LA ELABORACIÓN DE MI TRABAJO DE
TESIS. MUCHAS GRACIAS MAESTRA.

GRACIAS A LA UNAN Y A LA FES CUATITLAN POR
HABERME ABIERTO SUS PUERTAS Y DARME LA
OPORTUNIDAD DE REALIZAR MIS ESTUDIOS
PROFESIONALES Y PERMITIRME SENTIR ORGULLOSA DE
PERTENECER A ELLA.

A LOS ACADEMICOS QUE IMPARTEN LA CARRERA DE Q.F.B
GRACIAS, PORQUE MÁS ALLÁ DE IMPARTIR CLASES DE
QUÍMICA O BIOLOGÍA NOS TRANSMITIERON SUS
EXPERIENCIAS Y ENSAÑARON A VALERNOS POR
NOSOTROS MISMÓS Y EN FORMA PARTICULAR, GRACIAS
POR AYUDARME A FOMENTAR PARTE DE MI CRITERIO
COMO PROFESIONISTA.

AGRADECIMIENTOS

A ROCÍO LEYVA S. POR MOSTRARME QUE FUERA DE LA FESC TAMBIÉN ENCUENTRO RESPUESTAS. Gracias por esos paseos alrededor de la FESC. Chío.

A VERO ARROYO. P. POR SABER SER COMPAÑERA. Gracias por esos monólogos tan divertidos y constructivos.

A ODIN PADILLA C. GRACIAS POR SER MUY BUEN AMIGO Y CONFIDENTE. Un especial reconocimiento por dejarme usar internet y Chemwin.

A ABIGAIL SALAZAR T. POR SER MI AMIGA Y CÓMPlice DURANTE TANTOS AÑOS, PERO SOBRE TODO POR TU INTELIGENCIA Y MADUREZ. Gracias Abi por estar siempre ahí.

A DANIEL G. BECERRIL, POR SU CARIÑO Y COMPRENSIÓN Y POR QUE ANTE TODO Y SOBRE TODO SABES SER AMIGO. Gracias Dany por creer y confiar en mí.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS Y COMPAÑEROS QUE HICIERON MI VIDA EN LA FESC INOLVIDABLE Y ME REGALARON BELLOS MOMENTOS MUCHAS GRACIAS AL CESAR LO QUE ES DEL CESAR* Gracias: Gaby D. Sosa, Paty Avila S., Lisa Ramírez, Luis Covarrubias, Juan C. Jaramillo, Fernando Santiago, Pablo Abu, Ilenia, Sergio Pgado, y a Generación: '94-1998 de O.F.B, I.Q, I.A y O

A G R A D E C I M I E N T O S

A MIS HERMANOS: TERESA, CAROLINA, ALEJANDRO, MIGUEL ANGEL Y ARTURO POR QUE DE SUS EXPERIENCIAS TAMBIÉN HE APRENDIDO.

A MIS CUÑADOS FERNANDO GONZÁLEZ E. Y MARTÍN SALINAS C. GRACIAS POR ÁBRIRME LAS PUERTAS DE SUS CASAS Y APOYARME DURANTE LA REALIZACION DE MI TESIS.

A TODOS MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO DE LA ADMINISTRACION CENTRAL DE LABORATORIO Y SERVICIOS CIENTÍFICOS POR TRANSMITIRME SUS CONOCIMIENTOS Y ENSEÑARME LO DIVERTIDO QUE ES TRABAJAR. EN ESPECIAL AL Q.F.B. PABLO CORNEJO MARROQUÍN. GRACIAS.

*A PAPA DIOS. POR PERMITIRME LLEGAR
HASTA AQUÍ Y DARME LA OPORTUNIDAD DE CONOCER LO
MARAVILLOSO QUE ES VIVIR.*

ÍNDICE

PÁGINA

Apéndice de Abreviaturas	1
Lista de Cuadros	2
Lista de Figuras	3
Lista de Tablas	4
Introducción	6
Objetivos	9
Antecedentes	10
Cap. I.- Generalidades	12
1.1.- Carne. Definición y Composición.	12
1.2.- Derivados de la carne. Productos cárnicos.	15
1.3.- Importancia de la carne en la Alimentación	16
1.4.- Humo- ahumado. Definición.	18
1.5.- Tecnología del ahumado	
1.6.- Composición del humo.	22
1.7.- Efectos deseables e indeseables de los compuestos del humo.	24
1.8.- Tratamiento térmico. Definición y Funciones.	28
1.9.- Procesos que utilizan altas temperaturas.	30
1.10.- Cáncer. Definición.	33
1.11.- Cáncer de estómago.	35
1.12.- Carcinógenos de la dieta.	36

ÍNDICE	PÁGINA
Cap. 2.- Localización de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en el medio ambiente.	39
2.1.- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos . Definición.	39
2.2.- Origen y Formación de los H.A.Ps.	42
2.3.- Contaminación del aire y suelo por HAPs.	45
2.4.- Contaminación del Agua por HAPs .	48
2.5.- HAPs presentes en Alimentos.Niveles de Contaminación.	52
Cap 3.- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos presentes en alimentos ahumados y tratados a altas temperaturas.	62
3.1.- HAPs presentes en alimentos ahumados y tratados a altas temperaturas.	62
3.2.- Factores que condicionan el grado de contaminación en los alimentos por HAPs	71
Cap 4.- Toxicidad de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.	76
4.1.- Metabolismo de los HAPs	76
4.2.- Mecanismo de acción de los HAPs	78
4.3.-Efectos tóxicos de los hidrocarburosaromáticos policíclicos.	82
4.4.- ¿Qué se ha hecho y qué se puede hacer para disminuir la formación de HAPs en alimentos?	92
4.5.- Prevención a la exposición de los HAPs.	94
Discusión	97
Conclusiones	102
Referencias	104

APÉNDICE DE APROVIATURAS

A .	Antraceno.
B (b) Fl.	Benzo (b) Fluoranteno.
B (g, h, i) Pe.	Benzo (g, h, i) Perileno.
BaP.	Benzo (a) Pireno
DB (a, h) A.	Dibenzo (a, h) Antraceno.
EPA.	Agency of Protection Enviromental. Agencia de Protección Ambiental.
F.	Fenantreno.
FAO.	Organización de Aditivos Alimenticios.
Fl	Fluoranteno.
G-C.	Guanina Citosina.
HAPs.	Hidrocarburos aromáticos Policíclicos.
I (i, 2, 3- cd) P.	Indeno (1, 2, 3- cd) Pireno.
IARC.	International Agency for Research on Cancer. (Agencia Internacional para la Investigación del Cancer).
KJ.	Kilojouls.
m. c. m.	Micrómetros.
Mt / a.	Millones de toneladas al año
NAS.	National Academy of Sciences. (Academia Nacional de Ciencias).
ND.	No Detectado.
NE.	No Estudiado.
OMS.	Organización Mundial de la Salud.
P.	Pireno

LISTA DE CUADROS

N° DE CUADRO	N° DE PAGINA
Cuadro N° 1.- Efectos deseables del ahumado de las carnes.	26
Cuadro N° 2.- Efectos indeseables del ahumado de las carnes.	27
Cuadro N° 3.- Presentación general del tratamiento térmico y sus consecuencias.	29

LISTA DE FIGURAS

N° DE FIGURA	N° DE PAGINA
Figura N° 1.- Ahumador Tradicional.	20
Figura N° 2.- Componentes de la madera.	22
Figura N° 3.- Fenoles causantes de las características organolépticas en el ahumado de la carne.	25
Figura N° 4.- Estructura de algunos Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.	40
Figura N° 5.- Formación del Benzo(a)Pireno y de otros HAPs a partir del naftaleno.	44
Figura N° 6.- Influencia de la temperatura de combustión sobre el contenidos de HPAs en el humo.	75
Figura N° 7.- Metabolismo del Benzo(a)Pireno.	77
Figura N° 8.- Interacción del ión triol carbonio con el par Guanina-Citocina del ADN.	79
Figura N° 9.- Carcinogénesis de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	81

LISTA DE TABLAS.

N° DE TABLA	N° DE PAGINA
Tabla N° 1.-Análisis del músculo graso y magro de vaca.	14
Tabla N° 2.- Influencia del modo tecnológico de Producción de homo sobre las características de los humos obtenidos.	19
Tabla N° 3.- Concentración del Benzo(a)Pireno (mcg/Kg) en diferentes vegetales cosechados en el mismo suelo.	47
Tabla N° 4.- Contenido de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (mcg/Kg) en diferentes grupos de alimentos según Dennis y col. 1983.	54
Tabla N° 5.- Niveles medios encontrados de HAPs (mcg/Kg) en aceites/grasas y derivados. Dennis y col 1991.	56
Tabla N° 6.- Contribución de cada uno de los grupos de alimentos en función de su participación en la dieta diaria (mcg/Kg/día) Dennis 1983.	57
Tabla N° 7.- Grupo de alimentos que según el estudio de De Vos y col. Contribuye en mayor proporción a la ingesta de HAPs (mcg/Kg/día) 1990. Con 3.6 Kg de ingesta de alimentos.	58

N° DE TABLA

N° DE PAGINA

Tabla N° 8.- Ingesta diaria estimadas para cada HAP (mcg/Kg/día) en diferentes países de Europa y su actividad cancerígena.	60
Tabla N° 9.- Niveles de Benzo(a)Pireno (mcg/Kg) encontrados en productos ahumados.	63
Tabla N° 10.-Concentraciones de HAPs (mcg/Kg) en el cocinado al vapor, rostizado y ahumado de carne.	65
Tabla N° 11.- Concentración de HAPs (mcg/Kg) en carne asada a la parrilla "con piel" y "sin piel".	66
Tabla N° 12.- Contenido de grasa en filete de carne "con y sin piel".	68
Tabla N° 13.- Total de HAPs (mcg/Kg) presentes en carne tratada con diferentes métodos de cocción.	70
Tabla N° 14.- Contenido de HAPs en mezquite y madera de nogal durante el asado a la parilla.	74
TABLA N° 15- Ingesta diaria estimadas para cada uno de los HAPs (mcg / persona / día) e distintos países Europeos y su actividad cancerígena.	86

INTRODUCCIÓN

En el mundo de hoy la contaminación ambiental ha llegado a ser un problema mayor para la salud pública. Muchos contaminantes son distribuidos en la naturaleza, esto incluye aire, agua y suelo así como en alimentos. Hoy día se sabe que algunos compuestos presentes en plantas o producidos por hongos son carcinógenos naturales potentes, además diversos agentes químicos sintéticos pueden ser incorporados de manera intencionada o no, durante la producción, procesado, almacenamiento, distribución y consumo de los alimentos, pudiendo causar un deterioro en la salud.

Los carcinógenos de la dieta pueden estar presentes como tales en ésta, ó pueden ser formados a partir, de nutrientes no cancerígenos, durante la preparación y digestión de los alimentos, o por la activación metabólica de las enzimas microsomales hepáticas. Un grupo importante de éstos compuestos carcinógenos son los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), las cuales son sustancias compuestas por la unión de dos ó más anillos aromáticos, el benzo (a) pireno es uno de ellos . En general se puede decir que los HAPs se forman por la descomposición térmica de la materia orgánica. Estos se pueden encontrar en humos procedentes de motores, calefacciones y cigarrillos, de la actividad volcánica, incendios forestales, además de las emisiones de algunas industrias, así como de la destrucción de la paja después de la cosecha, es decir, estos compuestos se encuentran contaminando el aire, agua y suelo. (Ref 7y 13).

Estudios realizados por investigadores como: Howard , 1980; Coates, 1986; Guillen, 1992; Gomma, 1993 ; Simko, 1993. demuestran la presencia de HAPs en raíces u hojas de vegetales, cereales, aceites de vegetales, granos, frutas, hortalizas, en bebidas, así como en pescados y carnes ahumadas, alimentos asados y fritos. El procesado o elaboración al que se someten muchos alimentos antes de su consumo, como es el caso del ahumado y el tratamiento térmico, es un factor a tener en cuenta en lo que se refiere a la incorporación de sustancias tóxicas de naturaleza carcinógena como los son los HAPs, y aunque por lo general estas sustancias se encuentran en bajas concentraciones en los alimentos (p.p.b) , ello no quiere decir que no presente un peligro potencial para la salud humana, ya que pueden acumularse y generar a lo largo de años manifestaciones típicas de una intoxicación crónica, tales como la producción espontánea de tumores malignos. (Ref. 10, 24,31).

Estudios con respecto a estas sustancias han permitido concluir que los alimentos son una fuente significativa de exposición a HAPs para el hombre lo que constituye una gran preocupación debido a su carcinogenicidad de acuerdo a los informes emitidos por la International Agency for Research on Cancer (IARC 1983, 1987.). (Ref. 10,13 y 15).

Por lo anterior, los niveles a los que el hombre estará expuesto dependerá de los hábitos alimentarios o tipo de dieta, así como las técnicas empleadas para el procesado y cocinado de los alimentos.

De ahí la importancia del presente trabajo, la cual radica en poner a disposición de estudiantes de carreras a fines al área de salud y al público en general interesado, información actual sobre la importancia de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos como compuestos carcinógenos presentes en los alimentos cárnicos y derivados que son sometidos a altas temperaturas antes de ser consumidos por el hombre y de algunas medidas que podemos aplicar para disminuir la exposición a estas sustancias.

OBJETIVO GENERAL:

✓ Integrar la información más actualizada acerca de los hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en los alimentos cárnicos y derivados sometidos a procesos a Temperatura elevada, así como sus efectos carcinogénicos y algunas medidas de prevención a la exposición de éstos compuestos.

OBJETIVOS PARTICULARES:

✓ Destacar la importancia que tienen los hidrocarburos aromáticos policíclicos como compuestos carcinógenos dentro de la dieta del hombre, así como las concentraciones encontradas de éstos compuestos en los alimentos cárnicos ahumados y tratados a altas temperaturas en estudios recientes.

✓ Dar a conocer cuales son las principales causas de contaminación de los alimentos cárnicos por hidrocarburos aromáticos policíclicos y como disminuir su formación y consumo.

ANTECEDENTES

Hace aproximadamente 200 años los efectos carcinógenos han sido atribuidos a los HAPs. En 1775, Percival Patt, un físico Inglés, asoció la alta incidencia de cáncer escrotal en personas que se dedicaban a limpiar chimeneas (deshollinadores) y su continuo contacto con el tizne de la chimenea.

En 1932, fue aislado el benzo (a) pireno del alquitrán de carbón y fue encontrado ser altamente carcinógeno en experimentos realizados en animales. Posteriormente en 1950 se calificó a los HAPs como carcinógenos alimentarios potenciales a partir de los estudios epidemiológicos realizados, los cuales mostraban una frecuencia elevada de cánceres de estómago en las poblaciones que consumían importantes cantidades de productos ahumados (pescados y carnes). Dobes en 1954 detectó por primera vez la presencia de BaP en los productos ahumados. (Ref. 10, 34).

Desde entonces y con el descubrimiento de técnicas analíticas en los años 1960's, un considerable número de trabajos han tratado el problema de la producción ó formación de estas sustancias y de su liberación en el medio ambiente, así como estudiado los mecanismos bioquímicos que determinan la transformación celular irreversible. A partir de 1975 se han podido realizar también pruebas rápidas de mutagénesis, especialmente la prueba AMES usando *Salmonella typhimurium*, estableciéndose una correlación entre poder mutágeno y carcinogénesis (Ref. 10).

Todo ello permitió estudiar y detectar con más facilidad las sustancias potencialmente cancerígenas dentro de un programa de rutina, (International Program for the Evaluation of short-term test for Carcinogenicity, 1978; Report of the Scientific Committee of the food Safety council, 1978). Estas pruebas se han utilizado para localizar este tipo de sustancias en alimentos.

Sin embargo, en muchos de los trabajos realizados, se ha tomado como modelo al BaP, aunque éste no es representativo de la cantidad total de HAPs. (Ref. 10,30 y 33).

CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

1.1.- CARNE. DEFINICIÓN y COMPOSICIÓN.

La carne se define "como aquellos tejidos musculares de los animales que pueden emplearse como alimento". Todos los productos procesados o manufacturados que se preparan a partir de tales tejidos se incluyen en ésta definición. La mayoría de la carne consumida por el hombre procede de los animales acuáticos.

La carne como tal, puede subdividirse en diversas categorías generales: carne roja y blanca, (según su mayor o menor contenido de mioglobina). La mayor, en términos de consumo es la "roja", la cual incluye: la carne de vacuno, de cerdo, de cabras, búfalos, conejos, llamas y antílopes. La carne de aves (carne blanca) es la procedente de la musculatura de las aves domésticas que comprenden gallinas, pavos, gansos y gallinas de Guinea. (Ref. 12, 20, 23.).

Los alimentos marinos proceden de la carne de los animales acuáticos, siendo los peces los que constituyen la mayor parte y otras especies como carne de mejillones, almejas, langostas, ostras y cangrejos se incluyen en ésta categoría.

La carne está constituida por un 70 % aproximadamente de agua, un 19 % de proteína, un 1 % de carbohidratos y 1 % de cenizas. El contenido de grasa varía entre el 1 y 20 %, influyendo notablemente en la proporción de los restantes componentes tanto mayoritarios como minoritarios. Las variaciones de los nutrientes pueden ser del 15 % ó superiores. Las diferentes composiciones entre una carne de vaca magra y otra grasa se muestran en la Tabla 1. (Ref. 10).

Las cantidades de vitaminas liposolubles A, D, E y K son nutritivamente insignificantes. La carne es rica en precursores del ácido úrico, pero el contenido de calcio es muy bajo. Posee una elevada proporción de hierro, del que casi el 30 % es utilizable. (la dosis diaria recomendada de éste elemento es de 10 y 18 mg / día para adultos). Las carnes también constituyen una fuente importante de Zn aportando un 60 %.

La carne es una fuente excelente de vitamina del grupo B, que son termolábiles e hidrosolubles. Existen notables variaciones en el contenido de vitamina B, no solo entre diferentes especies sino entre los diferentes músculos de un mismo animal, llegando a encontrarse diferencias hasta del 15 %. Puesto que las vitaminas del grupo B son hidrosolubles, su proporción disminuye a medida que aumenta el contenido graso del tejido.

TABLA N ° 1

	AGUA (G)	ENERGIA (KJ)	PROTEINA (G)	GRASA (G)
100 % magro	72	630	22	6.0
67 % magro, 33 % graso	58	1,212	18	23

Tabla 1.- Análisis bruto de músculo magro y graso de vaca (por 100 g) ref. 30

En el caso de los pescados y alimentos marinos, el contenido de proteínas es ligeramente inferior al de las carnes, y su calidad proteica es similar a la de éstas. Son alimentos más fáciles de digerir porque tienen menos tejido conectivo que las carnes.

El contenido en grasa de los distintos especies de pescados es muy variable y en función del mismo se dividen en magros, semigrasos y grasos. Las cantidades de grasas varían entre el 1 y el 25 %. La grasa de pescados es rica en ácidos grasos poliinsaturados de la familia n-3 (omega - 3) la cual tiene propiedades beneficiosas en relación con las enfermedades cardiovasculares. (Ref. 3, 5, 23.).

El aporte de calcio es poco importante, en especies de gran tamaño: Sin embargo, pueden ser una fuente rica de éste mineral si se pueden comer enteros incluida la espina, (sardinas). Los pescados son la fuente más rica de yodo, son fuentes importantes de vit. D y B12. Aunque en la mayoría de los pescados el contenido de ácido fólico es bajo, la sardina es una fuente rica de ésta vitamina del grupo B.

1.2.- DERIVADOS DE LA CARNE. PRODUCTOS CÁRNICOS.

La carne es comercializada en forma fresca o en forma elaborada en una gran variedad de productos cárnicos. Estos últimos son importantes en la alimentación, ya que proporcionan una fuente de proteínas variables en la dieta humana. La elaboración de la carne en productos cárnicos tiene los siguientes objetivos:

- ♦ Mejorar la conservación.
- ♦ Desarrollar sabores diferentes.
- ♦ Elaborar partes del animal que son difíciles de comercializar en estado fresco.

Los productos cárnicos se dividen en las siguientes clases:

1. Embutidos crudos.- como el chorizo y el salami
2. Embutidos escaldados.- como la mortadela y la salchicha viena.
3. Embutidos cocidos.- como la morcilla y el queso de puerco.
4. Carnes curadas.- como el jamón y el tocino.
5. Grasas .- como la manteca y el sebo.
6. Productos cárnicos enlatados.- como guisados y pato.

En la elaboración de los productos cárnicos se utilizan diferentes materias primas además de la carne como los son: grasa, vísceras y despojos, sangre, especias, tripas naturales y artificiales, sustancias curantes etc. (Ref. 23, 27.).

1.3. - IMPORTANCIA DE LA CARNE EN LA ALIMENTACIÓN.

La carne es uno de los alimentos más nutritivos de los consumidos por el hombre y los animales, es una excelente fuente de proteínas y también de minerales esenciales y vitamina del grupo B, especialmente de B12.

Es indispensable una adecuada nutrición proteica, entendiéndose como la anterior, la cantidad de proteína de alta calidad suficiente, es decir, proteínas con todos los amino ácidos indispensables y esenciales necesarios para el adecuado desarrollo mental e intelectual. (Ref. 27, 30.)

1.4.- HUMO- AHUMADO Y TRATAMIENTO TÉRMICO. DEFINICIÓN DEL HUMO Y NACIMIENTO DEL AHUMADO.

Humo: Se dice del producto de la combustión incompleta.

El humo está constituido por una fase continua de vapor y una fase discontinua de gotitas líquidas cargadas eléctricamente, de un diámetro de 1 a 10 micrones. Los constituyentes del humo se reparten entre las dos fases; los constituyentes más volátiles se encuentran en la fase de vapor y los demás en la fase líquida, pero este equilibrio es inestable.

Los elementos de la fase líquida se vaporizan a medida que los de la fase de vapor son absorbidos por el producto. La fase gaseosa contiene hidrocarburos, formaldehído, ácidos orgánicos, fenoles y muchas otras sustancias. Contienen también partículas más gruesas de pavesas, alquitrán y hollín. (Ref 2, 10).

El ahumado, empleo del humo procedente de un fuego abierto, pertenece a los sistemas más antiguos empleados para la conservación de la carne practicado desde la prehistoria . Poco después del descubrimiento del fuego y observando que en la zona del humo no había moscas, el hombre colgó ahí los trozos del producto de su caza y comprobó que se conservaba mejor y adquirirían un sabor particular y agradable., " el ahumado había nacido ".

El humo se origina de la combustión incompleta de la materia orgánica: El humo para ahumado se obtiene por semicombustión intencionada de la leña natural, principalmente de maderas blanda de fronda como encina, aliso, y sauce ó bien de maderas duras como roble, caoba y haya, o de madera de importación como nogal negro en forma de pequeñas ramas, astillas o serrín, ó bien de piñas de coníferas, (como abeto ó pino). (Ref. 10).

De ésta forma el ahumado se ha convertido en una técnica importante para la conservación y presentación de ciertos productos alimenticios como pescados y carnes.

Su importancia hasta nuestros días, radica, principalmente, a la búsqueda de nuevas cualidades gustativas y accesoriamen^te como un medio de presentación del producto.

De acuerdo con la temperatura y la condición del humo se puede distinguir entre ahumado frío, templado, caliente, negro, húmedo o al vapor.

1.5.- TECNOLOGÍA DEL AHUMADO

Ahumador tradicional: Los dispositivos de ahumado del siglo pasado eran de concepción arcaica: una solera y una chimenea constituían los elementos principales. El serrín vertido sobre la solera, ardía por auto^{co}mbustión; para asegurar una mejor combustión y eliminar las cenizas, se producía una aireación de la masa mezclando el serrín con virutas, colocando un cenicero en el horno. Las piezas a ahumar estaban suspendidas en la chimenea, por la que se escapaban los productos de la combustión.

Figura 2. (Ref. 26.).

Ahora la producción de humo se realiza en diversos generadores :

1. *Generador de humo convencional*
2. *Generador de humo por fricción*
3. *Generador de humo húmedo*
4. *Generador de humo fluido*
5. *Producción de humo " en dos etapas "*.
6. *Producción de humo " por carbonización "*.

Las características del humo obtenido y de la temperatura que alcanza se puede observar en la Tabla N° 2.

TABLA N° 2

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN	TEMPERATURA DE COMBUSTIÓN (° C)	MODO DE COMBUSTIÓN	TEMPERATURA DEL HUMO (° C)	CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMOS OBTENIDOS
Generador de humo convencional	400 - 800	con llama	20	Seco, denso y rico en oxígeno
Generador de humo por fricción	300 - 500	sin llama	20	seco, denso, y muy rico en oxígeno
Generador de humo húmedo	300 - 400	sin llama	80	humo, denso y pobre en oxígeno
Generador de humo fluido	300 - 400	sin llama	20	seco, denso, rico en oxígeno
Generador de humo en dos etapas	300 - 400	sin llama	30	seco, denso y rico en oxígeno
Producción de humo por carbonización	300 - 400	sin llama	20	seco, denso y pobre en oxígeno

Tabla N° 2.- Influencia del modo tecnológico de producción de humo sobre las características de los humos obtenidos. (Ref. 26)

FIGURA Nº 1.

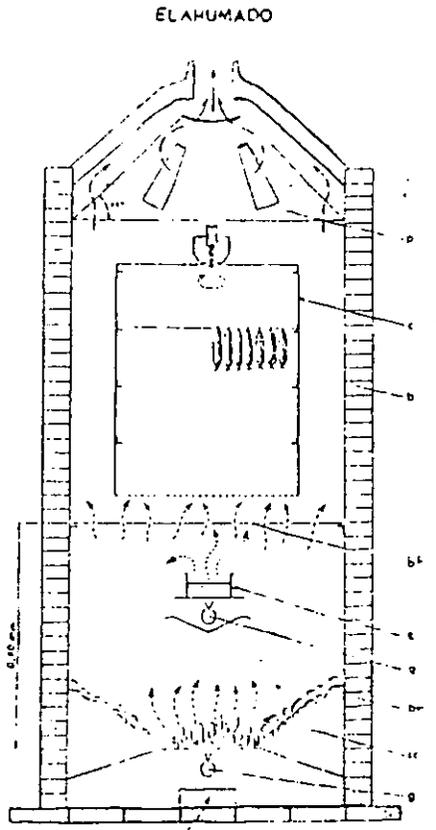


Figura Nº 1.- Ahumador tradicional. B1.- ladrillos, B2.- ladrillos refractarios, p.- falso techo; BC.- brisa ahumada; G.- quemadores a gas; E.- humidificadores; SC.- serran; C.- cadro amovible (segun Pallu, 1971. Ref. 10 y 25).

En la producción de humo se pone en juego paralelamente:

- ❖ Una descomposición, bajo la acción de calor (pirólisis) de los polímeros constitutivos de la madera, en moléculas orgánicas de bajo peso molecular.
- ❖ Reacciones de oxidación, polimerización y condensación

Según la temperatura se pueden distinguir las siguientes fases:

- a) Deshidratación hasta aproximadamente 170 °C.
- b) Pirólisis endotérmica de hemicelulosa hasta 270 °C.
- c) Pirólisis exotérmica de celulosa y de lignina hasta los 400 °C con formación de carbón de madera.
- d) Combustión del carbón de madera, formado en la fase (c) pudiendo alcanzar la temperatura de 1200 °C .
- e) Condensación y formación de nuevas sustancias, a partir de los compuestos resultantes de la pirólisis (fases b, c y d).
- f) Oxidación de los productos de condensación y de los formados en la pirólisis en presencia de oxígeno.
- g) Nueva pirólisis a partir de los compuestos formados y repetición de las fases (e) y (f). (Ref. 2, 5, 10).

1.6. - COMPOSICIÓN DEL HUMO

La composición del humo es extremadamente variable y depende, entre otros factores de la naturaleza de la madera y de las condiciones de la combustión, especialmente del tipo de ahumadero y de la temperatura de calentamiento.

Como se había mencionado el humo es resultado de diferentes reacciones complejas de descomposición a partir de los tres constituyentes de la madera: celulosa, hemicelulosa y lignina (Fig. 2).

FIGURA N° 2

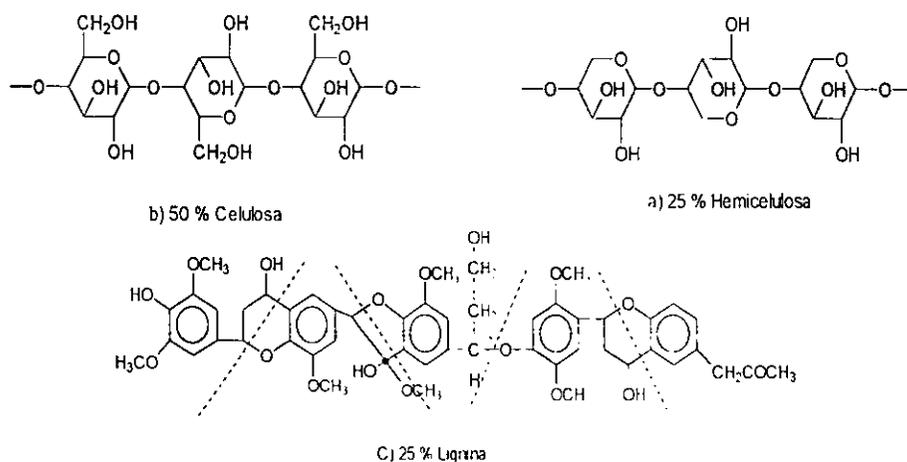


Figura N° 2.- Componentes de la madera (Ref.10.)

- *Pirólisis de la Celulosa* : Esta es una macromolécula constituida por el encadenamiento de heterociclos correspondiendo cada uno a una molécula de glucosa, (aproximadamente de 100 a 10,000 de heterociclos), la descomposición de la celulosa da como resultado ácido acético y sus homólogos, así como pequeñas cantidades de furanos y fénoles. (Ref. 13, 20.).

- *Pirólisis de la Hemicelulosa* : Existen dos poliholósidos, las pentosas $(C_5H_8O_4)_n$ y las hexosas $(C_6H_{10}O_5)_n$. Las pentosas a su vez comprenden dos familias importantes : las xylanas y arabanos, que difieren por la estructura de base de la unidad de la macromolécula. Produce a partir de la fracción de pentosas; furfural y furano y sus derivados, así como ácido ascórbico. A partir de la fracción de las hexosas produce esencialmente ácido acético.

- *Pirólisis de la Lignina* : Es la que conduce la formación de los responsables del aroma, en particular de los fenoles y esterres fenólicos. como son : el guayacol (2-metoxifenol) esencialmente de maderas blandas y el siringol (2,6-dimetoxifenol) que se forma a partir de maderas duras. (Ref. 13,20).

En general se puede decir que los constituyentes del humo pertenecen a las siguientes familias:

Fenoles; 85 en condensados de humo y 20 en productos ahumados

Carbonilos (cetonas y aldehídos); 70 identificados.

Acidos ; 35 en los condensados.

Furanos; 11 identificados

Alcoholes y ésteres; 15 en condensados.

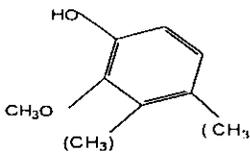
Lactonas; 13 identificados.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos; 47 en condensados y 20 en productos ahumados. (Ref. 13).

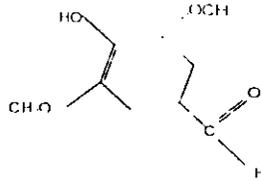
1.7.- EFECTOS DESEABLES E INDESEABLES DE LOS COMPUESTOS DEL HUMO

Tal como habíamos mencionado el ahumado se traduce sobre su cualidad gustativa del producto tratado sobre su presentación y finalmente sobre su conservabilidad. Este último se aplica a las propiedades antioxidantes y bacteriostáticas del humo. Figura 3.

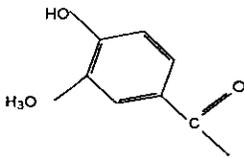
FIGURA N° 3



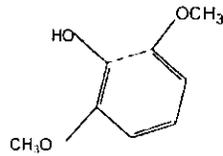
3 o 4 Metilguayacol



Siringaldehdo



Vanillina

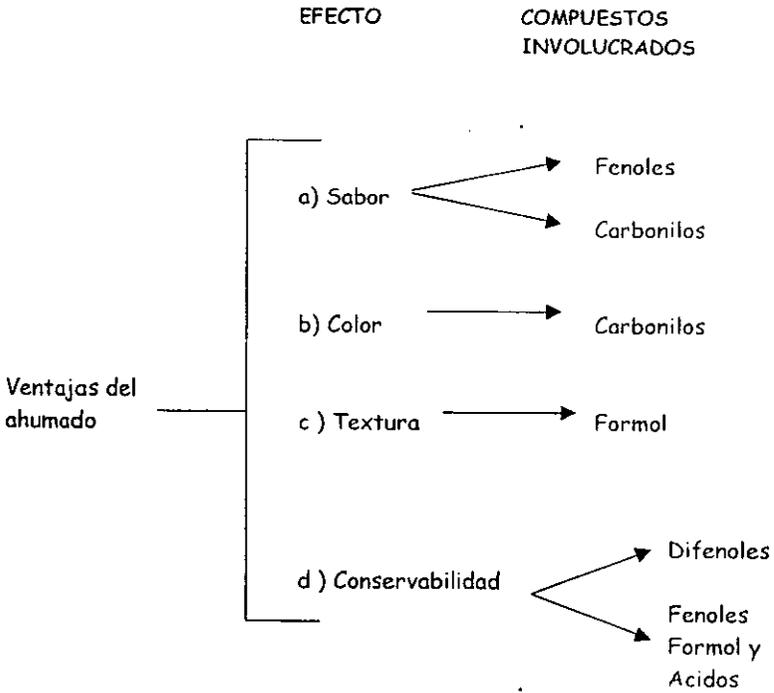


Siringol

Figura N° 3.- Fenoles causantes de las características organolépticas en el ahumado de la carne. (Ref. 12).

Además de éstas acciones, ciertos compuestos del humo, tales como el formol y los vapores cresotados modifican la textura periférica de las carnes por el curtido o coagulación de las fibras musculares de la carne. Cuadro 1.

CUADRO N° 1

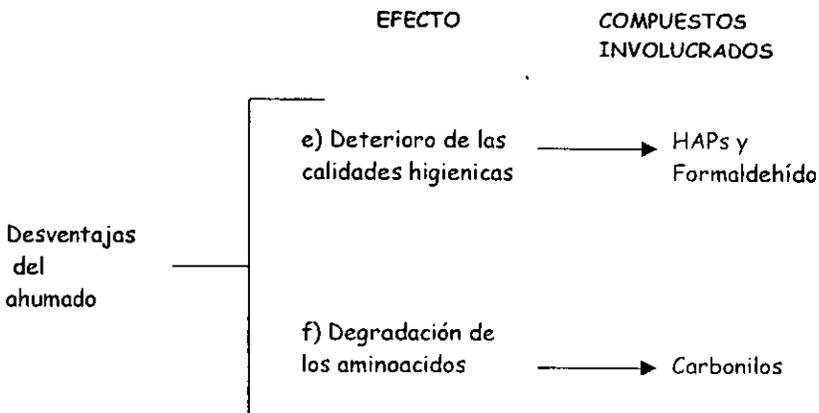


Cuadro N° 1.- Efectos deseables del ahumado de las carnes (Ref. 13, 20.)

Aunque el ahumado confiere a los productos tratados las características buscadas, se acompaña no obstante de efectos no deseables como:

- ✓ Contaminación del producto por ciertos compuestos tóxicos del humo.
- ✓ La degradación de los aminoácidos esenciales de las proteínas así como, presumiblemente de las vitaminas. (Cuadro 2).

CUADRO N° 2



Cuadro N° 2.- Efectos indeseables del ahumado de las carnes (Ref. 13, 20)

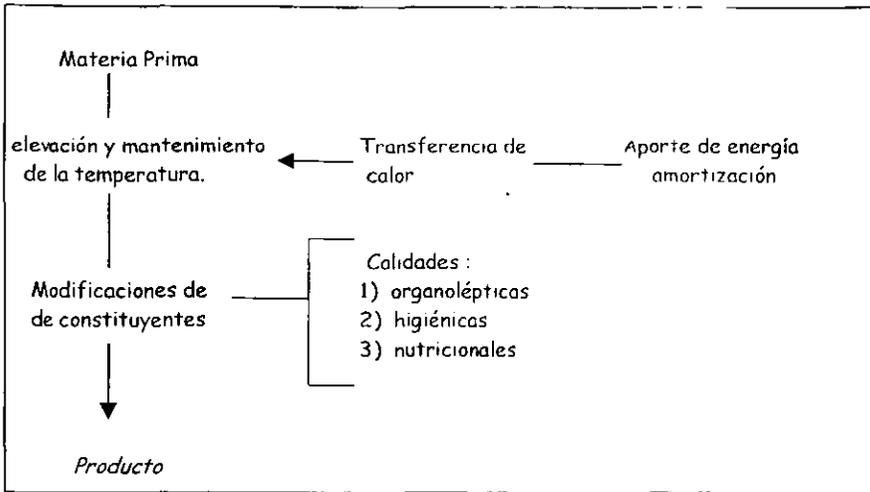
1.8.- TRATAMIENTO TÉRMICO. DEFINICIÓN Y FUNCIONES

El tratamiento térmico de los alimentos incluye métodos culinarios, colectivos e individuales, los cuales ponen en funcionamiento diferentes técnicas de cocción, como grill, horno, asado, fritura, barbacoa, etc., estas operaciones son las más corrientemente utilizadas en las carnes y sus derivados en la última fase de su preparación, antes de su consumo. En ésta tecnología intervienen transferencias de calor y reacciones físicas, químicas y microbiológicas que tienen consecuencia sobre las propiedades y la calidad del producto. Cuadro N° 3 (Ref.12).

En la industria el grado de calentamiento empleado para un proceso en particular depende del etiquetado y de las especificaciones y normas de identidad aprobadas federal y nacionalmente, bajo las que el producto tiene que ser elaborado.

Las normas de inspección cárnica exigen que los productos etiquetados como cocidos deben calentarse hasta alcanzar una temperatura interna de 65 a 68 °C. Las Industrias Alimentarias utilizan los tratamientos térmicos en diversas operaciones de transformación de materias primas (atomización, hidrogenación de materias grasas, torrefacción de café, tostato, etc.). (Ref. 12, 13.).

CUADRO N° 3



Cuadro N° 3.- *Presentación general del tratamiento térmico y de sus consecuencias. (Ref.12)*

FUNCIONES.

Las principales funciones del tratamiento térmico en carnes son las siguientes:

A) Dar una estructura firme al producto: Esto es debido a la desnaturalización proteica, de la coagulación y deshidratación parcial, lo que le da una estructura más firme y aspecto al producto de manera que sus formas se mantiene durante la manipulación posterior, empaquetado y distribución.

B) Fijar el pigmento de la carne curada por desnaturalización de la mioglobina oxinítrica.

C) Destrucción de microorganismos presentes, además de las triquinias que en ocasiones aparecen en la carne de cerdo. (Ref. 10, 13.)

1.9. - PROCESOS QUE UTILIZAN ALTAS TEMPERATURAS

Las carnes a la barbacoa (borrego, chivo y pollo), las hamburguesas, las chuletas, los filetes a la parrilla, contienen con frecuencia niveles elevados de HAPs como consecuencia de la salida de grasa de la carne a las brasas y su descomposición en las bocanadas de humo y llamas. De igual forma animales acuáticos como pulpo, calamar y jaiba cocidos, fritos o conservas en aceite, son de elevado consumo en países tropicales de igual forma que en los países mediterráneos y del lejano oriente. (Ref. 13, 23.)

A continuación se dará un concepto general de los diferentes procesos que utilizan altas temperaturas:

Escaldado o blanqueo:

Consiste en un breve calentamiento de los vegetales con agua caliente o vapor de agua. El objetivo primario de este proceso no es la cocción o destrucción de los microorganismos.

El blanqueo se realiza antes de la congelación o desecación para destruir las enzimas que afectan al color, aroma, textura y propiedades nutritivas del producto durante su ulterior procesamiento y almacenamiento. El blanqueo también destruye la membrana semipermeable de la célula y expulsa gas del producto, el tejido se colapsa y es más fácil de envasar en latas.

Cocción:

Esta se realiza con agua hirviendo o con vapor condensante de un cocedor a presión, tiene alta capacidad de transferencia de calor y la temperatura de la superficie del alimento se iguala rápidamente con la del agua o vapor.

La temperatura del centro del alimento depende de su forma, tamaño y características de la transferencia de calor. La cocción a vapor requiere menos tiempo y menos agua, lo que evita mayor pérdida de nutrientes del alimento.

(Ref. 13). Existe la cocción en seco como:

Asado a la parrilla, fritura o asado al horno:

Estos procesos son más complicados que la cocción en agua puesto que hay que conseguir óptimas propiedades o características tanto en la superficie como en el interior del producto. Tradicionalmente la fritura puede hacerse en un baño de aceite, por contacto (por ejemplo: por un solo lado en el sartén o por ambos lados entre dos placas calientes) o en un horno.

Es característico que la temperatura de la superficie del alimento se eleve muy por encima de la del punto de ebullición del agua, mientras que la temperatura del centro se alcanza un máximo después de iniciado el enfriamiento.

Por otro lado, las ondas calóricas que producen en un horno normal a 300 °C - 500 °C tienen una longitud de onda de aproximadamente de 5×10^{-6} m. En el horno usado en la fabricación del pan el calor penetra desde el exterior hacia el producto, la corteza del pan alcanza una temperatura de 120°C y el centro de 75 °C a 80 °C. (Ref. 13, 23.).

Estos métodos de cocción que se le realizan a los alimentos en especial a la carne producen HAPs durante su proceso, en la cual intervienen los siguientes puntos:

- ✓ Como se puede notar los procesos de cocción tienen como base la incidencia de calor sobre la materia.

- ✓ Todos los procesos químicos y enzimáticos se aceleran al aumentar la temperatura. Por ese motivo es fácil comprender que una grasa calentada tiende a degradarse rápidamente.

- ✓ La carne y derivados dependiendo de su origen, contienen cierta cantidad de grasa, la cual puede ser insaturada (con dobles enlaces) ó saturada (sin dobles enlaces), lo mismo ocurre con el tipo de aceite que se utiliza en la cocción, por ejemplo la fritura o rostizado.

- ✓ De esta manera al ponerse en contacto las grasas con la fuente de energía (flama) ocurre la degradación de la grasa formando radicales libres que reaccionan resultando en la formación de ·HAPs. Este punto se tocará más adelante. (Ref. 20)

1.10.- CÁNCER. DEFINICIÓN.

El término CÁNCER se aplica a diversas enfermedades que se caracterizan por crecimiento anormal de las células (neoplasia). El cáncer puede ser definido como una enfermedad de las células caracterizadas por un cambio en los mecanismos de control que gobiernan la proliferación y diferenciación celular. Puede atacar a cualquier célula, incluyendo las células que forman la sangre o los tejidos en el organismo. Ciertos tipos de cáncer pueden dispersarse desde el sitio primario por medio de la linfa o la sangre (metástasis).

La frecuencia, distribución geográfica y comportamiento de tipos específicos de cáncer están relacionados con múltiples factores que incluyen sexo, edad, raza, predisposición genética y exposición a carcinógenos ambientales. De éstos el último probablemente sea el más importante. Los compuestos químicos, así como los colorantes azoicos, aflatoxinas y benceno son considerados como inductores de cáncer en seres humanos y en los animales.

En los primeros estadios de la afección el paciente adelgaza sin que se someta a una dieta o aminore su consumo de alimentos. A medida que la enfermedad avanza muchos pacientes experimentan anorexia, la cual junto con los procesos hipermetabólicos de las células afectadas propicia una notable pérdida de peso, desnutrición y, por último, caquexia cancerosa y muerte.

Se dispone de tres medios para tratar el cáncer; cirugía, radiación y la quimioterapia. Cada método terapéutico planteará numerosos problemas nutricionales; ello dependerá de la localización de la masa tumoral. Los agentes quimioterapéuticos más comúnmente usados inhiben uno o más pasos metabólicos en la síntesis de los elementos que intervienen en la mitosis de todas las células, como purinas y pirimidinas, DNA y RNA. Por ello la terapia afecta simultáneamente a las células enfermas y a las sanas.

1.11.- CÁNCER DE ESTÓMAGO

Muchas veces el cáncer gástrico no se descubre sino hasta que es demasiado tarde para lograr una curación total, pues su inicio suele ser muy gradual y no origina síntomas que provoquen molestias en la etapa temprana. La clínica depende de que el carcinoma se ulcere (dispepsia ulcerosa), obstruya el cardias o el píloro (disfagia o vómitos de retención), se necrose y sangre (hematemesis) o altere la motilidad gástrica.

Entre las manifestaciones generales destacan la anemia, es una de las neoplasias más enemizantes y la observación de un paciente de edad con palidez, que es clásico describir de amarillo paja, suscita la idea de cáncer gástrico. La anorexia es algo invencible, existen además, astenia, adelgazamiento y por último caquexia. Otro indicador es la ausencia de HCL libre en el contenido gástrico, en algunos casos se observa más acentuado en las etapas tempranas, muchas veces en las heces hay sangre oculta.

La metástasis enriquecen mucho el cuadro clínico. El hígado es uno de los órganos más a menudo afectados y se halla aumentado de volumen, nodular, indoloro, el bazo es siempre pequeño. La peritonitis carcinomatosa y ascitis hemorrágica es muy común y otras manifestaciones.

Es de suma importancia descubrir el cáncer gástrico en su etapa inicial o incipiente, ya que de esta forma la intervención quirúrgica tiene más probabilidades de obtener buenos resultados (gastrectomía total o parcial). Los métodos más importantes para hacer el diagnóstico son el estudio radiográfico y la gastroscopía.

1.12.- CARCINÓGENOS DE LA DIETA

Es sabido que el cáncer es causa de muerte, este padecimiento es inducido por diversos agentes, siendo los más importantes ciertos hábitos de vida, como el tabaquismo y el alcoholismo. De igual forma, estudios epidemiológicos indican que el consumo excesivo de grasas permite incrementar la incidencia de enfermedad arterial coronaria y carcinoma de mama, colon, próstata y, posiblemente, de otros tejidos. Sin embargo, también desempeñan una parte importante los productos químicos que se utilizan en la comunidad y el lugar de trabajo (tiznes u hollines, alquitranes, aceites minerales, disolventes orgánicos, etc.), entre estos se encuentran los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, pero estos también se encuentran presentes en algunos alimentos. (Ref. 10, 13.)

Los carcinógenos de la dieta pueden estar presentes como tales en ésta ó pueden ser formados a partir de nutrientes no carcinogénicos, durante la preparación y digestión de los alimentos, ó por la activación metabólica de las enzimas microsomaes hepáticas. Estas sustancias pueden ser carcinogénicas para la mucosa gastrointestinal y para cualquier órgano que alcancen después de su absorción.

Existen en la dieta humana algunos productos naturales procedentes de animales y vegetales que han sido identificados como carcinógenos. Por otro lado, existen carcinógenos y mutágenos formados en el intestino y durante la preparación de las comidas, como son las nitrosaminas y los HAPs. (Ref. 5, 15.).

En base a lo anterior podemos establecer una clasificación de los carcinógenos como sigue:

1. Carcinógenos naturales.
2. Carcinógenos y mutágenos formados en el intestino y en el procesado de alimentos y
3. Carcinógenos añadidos en la cadena alimentaria Industrial. (Ref 5, 6, 15, 16.).

Dentro de la carcinogenia química (inducción o intensificación de neoplasia por productos químicos) los HAPs pertenecen al grupo de productos químicos carcinogénicos genotóxicos, los cuales se caracterizan por generar tumores mediante la producción de daño del DNA . Existen dos tipos de ellos:

- “1” Los carcinógenos de acción directa, que son electrofílicos y pueden ligarse al DNA (lactonas, ésteres de sulfato, nitrosoareas y nitrosamidas).

- “2” Los precarcinógenos, que requieren conversión a través de la bioactivación para transformarse en carcinógenos últimos, entre los que se encuentran la mayoría de los carcinógenos químicos (HAPs, nitrosoaminas, aflatoxina B1, safrol y otros). (Ref. 5, 35.).

CAP 2. - LOCALIZACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS EN EL MEDIO AMBIENTE.

2.1. - HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS. DEFINICIÓN.

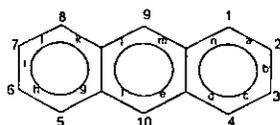
Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos son considerados como una clase importante de compuestos contaminantes para el hombre, esto es debido a las características carcinogénicas, de mutagenicidad y citotoxicidad aunadas a estos compuestos y los cuales están ampliamente distribuidos en el medio ambiente.

Los HAPs forman una familia de varios centenares de sustancias caracterizadas por la fusión de 3 a 6 anillos bencénicos organizados de diferentes formas (lineales, angulares etc.), eventualmente podemos encontrarlos con sustituyentes metilo ó cadenas más largas de tipo alquil. La mayoría de estos hidrocarburos sólo contienen N, S u O. El compuesto más simple de éste grupo es el naftaleno y el de mayor peso molecular, detectable por Cromatografía de gases, es el coreno. (Ref. 8, 10, 13.).

Más de cien HAPs han sido encontrados en la naturaleza, de los cuales solamente dieciseis fueron clasificados como contaminantes prioritarios según la U.S Enviromental Protection Agency (E.P.A). Dentro de los 16 compuestos el más conocido y estudiado es el benzo (a) pireno, el cuál es también reportado ser el más carcinogénico, de acuerdo a los informes emitidos por la International Agency for Research on cancer en 1983 y 1987. Figura N° 4. (Ref. 10)

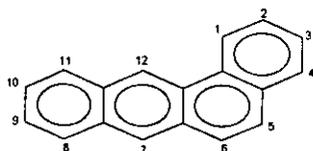
FIGURA N° 4. continúa...

Antraceno

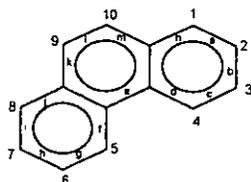


Benzo (a) Antraceno

- Benzo (a) Antraceno
- Dibenzo (a,h) Antraceno
- Dibenzo (a,j) Antraceno
- Dimetilbenzeno (a) Antraceno



Fenantreno



Fluoreno

- Benzo (a) fluoreno
- Benzo (a) Fluoreno
- Benzo (b) Fluoreno

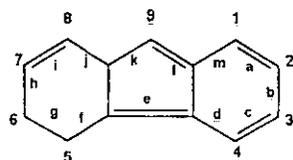
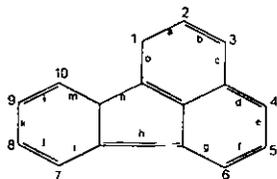


Figura N ° 4.- Estructuras de algunos Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

FIGURA N° 4. continuación.

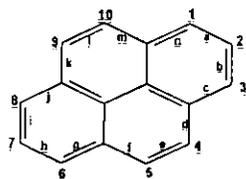
Fluoranteno

- Benzo (b) Fluoranteno
- Benzo (j) Fluoranteno
- Benzo (k) Fluoranteno
- Benzo (g,h,i) Fluoranteno



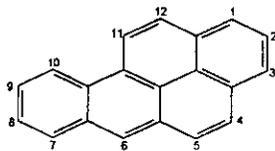
Pireno

- Pireno
- Indeno (1,2,3-cd) Pireno



Benzo (a) Pireno

- Benzo (a) Pireno
- Dibenzo (e) Pireno
- Dibenzo (a,h) Pireno



Criseno

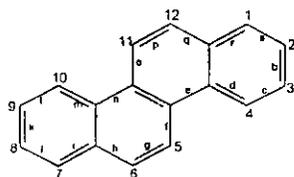


Figura N° 4.- Estructuras de algunos Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

2.2. - ORIGEN Y FORMACIÓN DE LOS HAPs.

Aunque el mecanismo exacto de la formación de los HAPs no ha sido bien estudiado, algunos autores postularon, que ellos pudieron ser formados a través de una reacción de radicales libres, adición intermolecular o polimerización de pequeñas moléculas.

Como norma general los HAPs se forman cuando se expone toda materia orgánica a muy altas temperaturas, por un proceso de pirólisis seguido de condensación de los reactivos (compuestos formados de la pirólisis) y las cadenas cortas formadas (pirosíntesis), de tipo " acetileno naciente ". (Ref. 10, 13, 15.)

De esta manera la formación de los HAPs puede ser atribuida a la combustión incompleta de madera o gasolina, ó durante el procesado de alimentos, tales como el rostizado y el ahumado, este último muy probablemente a partir de los compuestos volátiles del humo. Estas sustancias volátiles pueden descomponerse durante la pirólisis de la madera en radicales metileno e hidrogenados los cuales son sometidos a polimerizaciones y ciclizaciones.

Así mismo, mezclas de hidrocarburos aromáticos policíclicos se generan en la combustión de proteínas y las grasas que contiene la carne ó el aceite para cocinar.

En la degradación de las grasas (rompimiento de los enlaces) se forman radicales libres favorecidos por la alta temperatura. Estos radicales libres dada su gran reactividad, reaccionan con el oxígeno o con otras cadenas de ácidos grasos formando una reacción en cadena dando lugar a nuevos compuestos, los cuales pueden ser lineales, más o menos largos y ramificados ó compuestos cíclicos, especialmente en caso de que existan dobles enlaces (grasas insaturadas). De esta manera se forman Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos que se depositan en la superficie de la carne y que pueden ser absorbidos por la pared intestinal.

Como ejemplo de ello tenemos la formación del benzo (a) pireno, aquí ocurre la dimerización de metilenos en etilenos seguido de la polimerización, ciclización y deshidrogenación llegando a su formación. Figura N° 5. (Ref. 13, 18, 28.)

Los HAPs son sustancias carcinogénicas ampliamente distribuidas en el medio ambiente, siendo su origen muy diverso. Como se había mencionado anteriormente, estos compuestos pueden encontrarse en el agua, humo de cigarrillos, humo utilizado en el ahumado de los alimentos, en los escapes de motores diesel, en la superficie del suelo, debido a los incendios de los bosques y praderas, pudiendo de ésta forma acumularse en las plantas que crecen en dichas superficies. (Ref. 37.)

FIGURA N°5

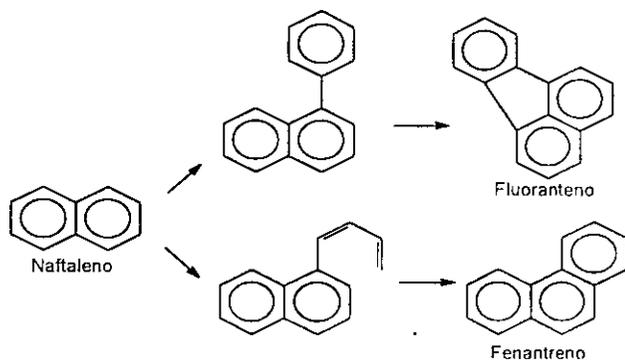
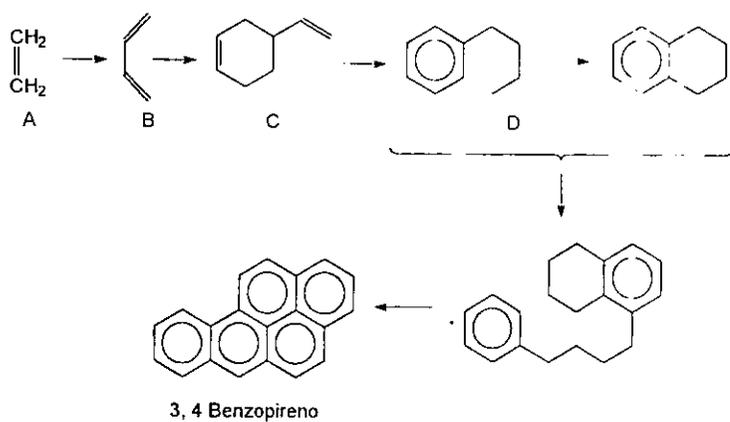


Figura N° 5.- Formación del Benzo (a) Pireno y de otros HAPs a partir del Naftaleno (Rcf. 18, 28.).

No todos los compuestos de éste grupo tienen la misma peligrosidad debido fundamentalmente a las diferentes cantidades que de cada uno de ellos llegan al hombre y por otra parte a su distinto poder carcinógeno. En forma general se puede decir que los HAPs se encuentran contaminando todo el medio ambiente, esto es:

- A) Aire
- B) Suelo.
- C) Agua - Ambiente marino
- D) Por consiguiente; alimentos.

2.3.- CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y SUELO POR HAPs.

La contaminación del aire por los HAPs es debido principalmente al humo de la combustión de la gasolina, quema o incendios de bosques y praderas y a través de las Industrias y actividad volcánica.

Los gases del escape de motores tienden a producir altas concentraciones de HAPs de 5 y 6 anillos (Benzo (a) Pireno; indeno (1,2,3-cd)pireno; coreno y antraceno, los cuales son más carcinógenos que los de 3 y 4 anillos. La presencia de los HAPs ha sido demostrada en una gran variedad de plantas, en 1969 Goddal fue el primero que reportó el aislamiento del antraceno, pireno y fluoranteno de raíces de crisantemos que crecían en suelo contaminado cerca de una planta gasolinera, lo que hizo pensar que los HAPs fueron reabsorbidos por la planta, desde el suelo. (Ref. 10,32).

Blumer en 1961, reportó niveles de BaP en cantidades de 40 - 1300 mcg/ Kg y otros HAPs en muestras de tierra tomada de los bosques de Massachusetts y Connecticut localizadas en las afueras de las ciudades y complejos industriales. El autor propuso que los HAPs encontrados se formaron a partir de la pirólisis de la madera o de la materia orgánica de algunos organismos (material de descomposición). (Ref. 8. 23.).

Estos descubrimientos estimularon el interés en el contenido de HAPs en suelos y plantas así como su posible formación endógena en plantas y microorganismos debido a que los HAPs se encontraban en materiales que no habían sido asociadas con los procesos pirolíticos. La presencia de Benzo (a) Pireno y otros HAPs en plantas comestibles como: espinaca, coliflor, patatas y tomates en un grado considerable hicieron pensar que los HAPs son sintetizados por las plantas como materiales esenciales de su proceso metabólico. Lo anterior sugiere que los alimentos de origen vegetal los cuales son consumidos en grandes cantidades pueden ser una fuente primaria de ingesta de estos hidrocarburos más de lo que se sospechaba. (Ref.32.)

La absorción desde el suelo, según los autores es de la siguiente manera:

" Los HAPs penetran al suelo principalmente de la dispersión del aire, los cuales atraviesan las diferentes capas de la tierra y son absorbidos por las plantas y posteriormente llegan a las hojas de éstas ".

En 1965 fue reportada la presencia del Benzo (a) Pireno en raíces de cebada el cual fue absorbido del suelo y agua para y en hojas de plantas las cuales incluían: patatas, zanahorias, manzanas, hongos, trigos, coliflor, albaricoques y granos de centeno, en niveles de 8 a 40 mcg/ Kg, siendo aislados hasta 8 diferentes HAPs.

Tabla N° 3. (Ref. 23, 33.).

TABLA N° 3

VEGETALES	CONCENTRACIÓN DE BENZO (A) PIRENO MCG/KG.
tomates	0.22
espinaca	7.4
puerro	6.6
col	20
patatas	18
hongos	28
granos (maíz, trigo, cebada)	80 aprox.
zanahoria	20

Tabla N° 3.- Concentración de Benzo (a) Pireno en mcg / Kg en estudios realizados por Grimer y Hildebrant en diferentes vegetales cosechados en el mismo suelo. (Ref. 15, 33.).

El concepto de síntesis bacteriana de HAPs y su consiguiente transferencia a plantas fue secundado por varios investigadores como Mallet en Francia quién encontró una variedad de Benzo (a) Pireno en arboles frondosos y en la materia orgánica (o de putrefacción) que se encuentra debajo de los arboles.

Con lo anterior, podemos concluir que la principal fuente de contaminación de HAPs en suelos es de las partículas provenientes del aire y que la migración de estos compuestos a las plantas depende de los niveles de HAPs encontrados en el suelo y de la absorción. (Ref. 17,33,37)

Shaban basándose en investigaciones anteriormente realizadas en Rusia, sobre la presencia de los HAPs en plantas propuso tres rutas por las cuales los HAPs pueden llegar al interior de las plantas: (Ref. 29,33).

- a) La deposición del aire
- b) La absorción desde el suelo
- c) la síntesis bacterial.

2.4. - CONTAMINACIÓN POR HAP EN AGUA. AMBIENTE MARINO.

Se sabe de la presencia de los HAPs en el agua desde hace muchos años atrás, en 1960 se encontraron cantidades significativas de estos compuestos en muestras llevadas de varios ríos y lagos en Alemania: Se han encontrado concentraciones de 0.65 - 3 mcg / L en la superficie del agua, 700 mcg / kg. en plantas y sedimentos y fitoplancton y arriba de 55 mcg / kg. para sólidos suspendidos, así como en aguas " limpias ó puras " los cuales fueron de 0.025 mcg/kg. (Ref. 29,33.).

Según investigaciones realizadas, esta contaminación es debido a la descarga al canal de aguas residuales de origen urbano y domesticas, la descarga de desechos industriales, agua de lluvia, la filtración de contaminantes de plantas y suelos donde los compuestos se introducen en el agua y de éste modo contaminan los suministros de agua pública.

Andelman y Suess en 1980 informaron el descubrimiento de HAPs en fitoplancton, en sedimentos de ríos y sólidos suspendidos, la cual sirve como alimento (biota acuosa) a los peces que luego el hombre ingiere. Estos investigadores también indicaron que el Benzo (a) Pireno ha sido detectado en pescados llevados de ríos Europeos en los cuales la biota fue reportada estar contaminada. (Ref. 33, 37.).

La mayoría de los estudios de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en el ambiente marino fueron realizados en Francia, los resultados de éstas investigaciones y otros estudios anteriores realizados se llevaron a cabo en las costas de Francia, Italia y E. U, indicando la presencia de Benzo (a) Pireno, variando sus concentraciones en flora marina y pescados. Cahnmann y Kuratsune reportaron niveles de alrededor de 2 a 6 mcg / kg. de BaP y otros HAPs estimando (un total de 1200 mcg / kg.) en ostiones colectados de Norfolk, Va, una zona moderadamente contaminada con aceite de petróleo. (Ref 10, 33.).

Estos trabajos asumieron que las cantidades de hidrocarburos en los ostiones varían de acuerdo con su hábitat. En 1983 la Workshop on the Input, Fate and effects of Petroleum in the Marine Environment patrocinados por la National Academy of Sciences (NAS) en Airlie Va, estimaron que aproximadamente 6 millones de toneladas de petróleo (hidrocarburos) son encontrados o bien introducidos a los océanos anualmente (Mt / a).

Dentro de las principales fuentes que contribuyen se encuentran : transportación marina y agua de desagüe urbano con 2.1 y 1.9 millones de toneladas anualmente, respectivamente. (Ref. 10, 33)..

Los desechos de las refinerías costeras, industriales y domésticas juntas, contribuyen en un 0.8 Mt / a. La NAS concluyó que alrededor de 6 toneladas de petróleo (relacionado al BaP) entran a los océanos cada año. Se ha llegado a la conclusión que aunque los derrames de aceites son eventos que atraen la atención del público, ellos constituyen sólo un 10 % de la cantidad total de la entrada de aceite al ambiente marino. De acuerdo a estos estudios, los otros 90 % son originados de la operación de transportación de tanques acarreadores de gasolina, otros embarques, operaciones refineras y material de desecho derivados de aceites. (Ref. 33)

Otros autores sugirieron que organismos marinos acumulaban de forma no selectiva los hidrocarburos derivados del petróleo que se encontraban en el agua y una vez acumuladas los hidrocarburos (en particular los HAPs) son retenidos en los tejidos por largos periodos de tiempo siendo depurados o eliminados lentamente.

Anderson, por otro lado, realizó estudios controlados en ostiones, almejas y ostras localizadas en aguas que contenían mezclas de varios aceites, (combustibles), seguida de una depuración en aguas limpias, reportó que los hidrocarburos aromáticos son liberados de los tejidos de los animales relativamente rápido.

Es decir, el mantenimiento de los mariscos en aguas puras por periodos de 24 a 52 días fueron suficientes para depurar los tejidos de niveles detectables de hidrocarburos. (Ref. 4, 33.).

Se han realizado investigaciones en mejillones, los cuales fueron expuestos a aceites minerales y a varios hidrocarburos como el C-heptadecano, C-naftaleno y BaP, se encontró que los mejillones acumularon rápidamente los hidrocarburos, pero cuando éstos fueron transferidos al agua no contaminada, del 80 al 90 % de los hidrocarburos fueron depurados de los mejillones en un periodo de 2 semanas, lo que nos da una pauta para confirmar la importancia del medio ambiente que rodea a estos animales con respecto a las cantidades de HAPs encontrados en éstos últimos. (Ref. 1, 7, 33, 37.).

Hasta el momento se ha hecho mención del papel que tienen los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos como contaminantes del medio ambiente estando así el hombre expuesto a estas sustancias, pero también existe otra fuente importante de consumo de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y es a través de los alimentos. Se conoce de la presencia de estos compuestos aromáticos en una gran diversidad de alimentos, estos incluyen: frutas, verduras, harinas y cereales, a demás de carne y sus derivados éste último a partir de procesos donde intervienen temperaturas elevadas como es el caso del ahumado y rostizado y el cual es punto central del presente trabajo.

2.5. - HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS EN ALIMENTOS. NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS.

El análisis de los HAPs resulta especialmente difícil por tres razones principales (Bories, 1980).

a) Un análisis de los HAPs constituye un proceso complejo ya que podemos encontrar simultáneamente sustancias de distinto tamaño molecular (2 a 7 anillos bencénicos), isómeros con el anillo en posición distinta difíciles de separar .

b) La ubicuidad de las sustancias en el medio nos obliga a buscarlas en medios extremadamente variados, tales como aire, polvo, humo, productos derivados del petróleo o del carbón, sedimentos, agua, alimento de origen vegetal o animal. Cada medio plantea problemas analíticos específicos.

c) Los HAPs están generalmente presentes a nivel traza, de modo que resulta difícil extraerlos y aislarlos de los medios donde se encuentran, los cuales pueden ser muy complejos, tales como los alimentos, especialmente aquellos ricos en sustancias lipídicas, debido a la débil polaridad de los HAPs. (Ref. 10, 14.).

No obstante se han realizado el análisis de éstas sustancias debido a su importancia dentro de la salud del hombre.

Se han publicado diversos estudios sobre la presencia de HAPs en la dieta, el objetivo de estos trabajos fué investigar qué alimentos ó grupos de alimentos son los principales contribuyentes a la ingesta de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en la población objeto de estudio. Para poder determinar los HAPs en los alimentos varios investigadores dividieron a estos en varios grupos: cereales y derivados, vegetales (raíces y otros), frutas y azúcar, aceites y grasas, carnes, pescados, leches y bebidas.

Los resultados obtenidos, analizados por grupos, indican que los alimentos incluidos en el grupo de aceites y grasas (mantequilla, aceites vegetales, queso, margarina etc.) son los que aportan niveles individuales más altos de HAPs, seguido de los grupos de cereales y vegetales. Comparando los niveles individuales obtenidos para carnes y pescados, hay que señalar que para los HAPs estudiados se encuentran niveles mayores en el grupo de pescados. Las frutas también contienen niveles moderados de estos compuestos inferiores a los de los grupos anteriores pero superiores a las de las bebidas, leches y derivados. Tabla N° 4. (Ref. 1, 10 y 14.).

TABLA N° 4

H.A.P.S	CEREALES	CARNE	PESCADO	ACEITES Y GRASAS	FRUTA	VEGETALES (RAÍCES)	BEBIDA	LECHE
Fluoranteno	1.38	0.48	0.81	1.76	0.93	0.26	0.08	0.15
Pireno	1.85	0.55	0.79	2.75	0.83	0.24	0.04	0.04
Benzo (a) antraceno	0.37	0.05	0.14	0.95	0.11	0.05	0.006	0.01
Criseno	0.77	0.15	0.65	1.18	0.23	0.23	ND	ND
Benzo (a) pireno	0.32	0.05	0.13	1.57	0.07	0.06	0.008	0.01
Benzo (b) fluoranteno	0.08	0.01	0.04	0.032	0.02	0.02	0.003	0.003
Benzo (K) fluoranteno	0.08	0.01	0.04	0.032	0.02	0.02	0.003	0.003
Dibenzo (a,h) antraceno	0.06	0.01	0.03	0.06	0.01	ND	ND	ND
Benzo(g,h,i) perileno	0.28	0.05	0.12	1.26	0.06	0.06	0.01	0.01

Tabla N° 4.- Contenido en HAP de diferentes grupos de alimentos (mcg / Kg). Según Dennis y col, 1983. (Ref. 13). ND.- No detectado.

Para conocer la contribución de cada uno de los alimentos encuadrados en los dos grupos que más influyen a la ingesta de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, el de cereales y el grupo de aceites / grasas y alimentos derivados, Dennis y col. realizaron un estudio posterior en 1991 en el dividen el grupo de cereales en dos: el grupo del pan y el grupo constituido por harinas, pasteles, galletas, cereales de desayuno etc. y en cada uno de ellos analiza la presencia de HAPs. (Ref. 14 y 15.).

En dichas investigaciones se observó que la concentración de éstos en el grupo del pan es aproximadamente la mitad que en el segundo grupo. Una comparación de los productos clasificados en el segundo grupo a nivel individual, revela concentraciones mayores de HAPs en el salvado que en la harina blanca. También se observaron valores mayores de HAPs en los cereales de desayuno a los que se les ha añadido salvado, no resulta sorprendente si se tiene en cuenta que es precisamente la parte externa de la semilla la que está expuesta a la posible contaminación medioambiental. En este mismo grupo se observaron valores elevados de HAPs encontrados para biddings, galletas y pasteles son bastantes altos en relación al análisis de las harinas. Esto se atribuye al contenido de grasa el cual es en estos productos superior al del pan (bizcocho 30 % y pan 2 %), por lo que es necesario estudiar a estos alimentos de manera separada. Estos datos corroboran los obtenidos en otros estudios realizados con anterioridad por Vaessa y col. en 1980, Lawrence y col. en 1986 y Tuomine y col. en 1988. (Ref. 14 y 15).

Así mismos Dennis estudia por separado: manteca de cerdo, grasas vegetales, mantequilla y queso entre otros. En la Tabla N° 5 aparecen alguno de los resultados encontrados, se observa, que los niveles mayores de HAPs se detectan en las margarinas y aceites vegetales; y así, por ejemplo, en relación al contenido de Benzo (a) Pireno la mayor contribución proviene de las margarinas (1.68 mcg / Kg. y los aceites vegetales (1.29 mcg / Kg.). No parecen observarse diferencias significativas entre margarinas que contienen grasas animales y aquellas que no la tienen, lo cual puede ser debido a que las grasas animales que contienen las margarinas no provienen de productos lácteos, sino de aceites de pescado.

(Ref. 1 y 14).

TABLA N° 5

HAP'S	ACEITES VEGETALES	MARGARINA	MANTEQUILLA	NATA	LECHE ENTERA EN POLVO	FÓRMULAS INFANTILES EN POLVO
Fluoranteno	3.15	1.83	0.64	0.41	1.86	4.55
Benzo (b) Fluoranteno	0.71	0.83	0.03	0.01	0.14	0.26
Pireno	3.54	2.11	1.20	1.66	3.14	4.09
Benzo (a) pireno	1.29	1,68	0.06	0.06	0.20	0.49
Benzo (e) pino	1.76	2.28	0.10	0.08	0.55	0.76
Indeno (1,2,3-cd) pireno	2.31	2.92	0.15	0.06	0.39	0.80
Benzo (g,h,i) Perileno	1.47	1.82	0.23	0.12	0.34	0.45
Benzo (a) Antraceno	0.90	1,45	0.09	0.03	0.33	1.18
Criseno	2.14	1.93	0.14	0.04	0.09	1.28

Tabla N° 5.- Niveles medios encontrados de HAPs (mcg / Kg.) en aceites/grasas y alimentos derivados según Dennis y col. 1991. (ref. 1).

Otro producto analizado es el sucedáneo de la nata, elaborados principalmente con grasa vegetal y que contiene valores más altos de HAPs que la nata. Las fórmulas infantiles también presentan unos niveles superiores de HAPs a otras leches en polvo, lo cual puede atribuirse a que contiene un porcentaje mayor de grasa, 18 - 29 %. Altos niveles de BaP en fórmulas infantiles ya habían sido descritas en otros trabajos Lawrence y col. 1984, 1986. Tomando como base los datos anteriores Dennis y col. evaluaron la media de consumo diario obteniendo los resultados de la Tabla N° 6.

TABLA N° 6

HAP'S	CEREALES	ACEITES Y GRASAS	VEGETALES	FRUTA	CARNE	LECHE	PESCADO
Participación en la dieta %	16	5	20	12	10	27	2
Fluoranteno	0.31	0.13	0.22	0.15	0.07	0.06	0.02
Benzo (b) Fluoranteno	0.05	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
Pireno	0.42	0.21	0.17	0.14	0.09	0.01	0.01
Benzo (a) pireno	0.07	0.12	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
Benzo (e) pino	0.05	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Indeno (1,2,3-cd) pireno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Benzo (g,h,i) Perileno	0.06	0.10	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Benzo (a) Antraceno	0.08	0.07	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00
Criseno	0.18	0.09	0.14	0.04	0.02	0.01	0.01

Tabla N° 6.- Contribución de cada uno de los grupos de alimentos, en función de su participación en la dieta, a la ingesta diaria (mcg / persona / día) de los HAPs estudiados (Dennis y col 1983). (Ref. 1).

En 1990 De Vos y col. realizaron estudios en Holanda sobre la participación de los HAPs en la dieta. Tabla N° 7.

TABLA N° 7

HAP'S	CEREALES (PAN, PASTAS Y GALLETAS)	ACEITES Y GRASAS	AZÚCAR Y DULCES	VEGETALES EXCEPTO RAÍCES	FRUTAS	CARNE, AVES Y HUEVOS
Participación en la dieta %	9.0	2.07	2.15	5.78	7.05	3.88
Fluoranteno	0.32	0.09	0.05	0.21	0.15	0.09
Benzo (b) Fluoranteno	0.06	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02
Benzo(k) fluoranteno	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
Benzo (a) pireno	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
Benzo (g,h,i) perileno	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Antraceno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Benzo (a) Antraceno	0.05	0.03	0.16	0.00	0.00	0.00
Fenantreno	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Criseno	0.01	0.08	0.05	0.02	0.00	0.00

Tabla N° 7.- Grupo de alimentos que según el estudio de De Vos y col. en 1990 contribuyen en mayor proporción a la ingesta de los HAPs estudiados (mcg / persona / día). Asumiendo una ingesta diaria de alimentos de 3.63 Kg. (Ref. 1).

Analizando los resultados se destaca que los alimentos incluidos en el grupo de grasas y aceite, así como en el de cereales y derivados, presentan los niveles más altos de HAPs. Por otro lado son bastante sorprendentes los altos niveles de HAPs descritos para azúcares y dulces.

Los principales componentes de éste grupo son azúcar (48 %), productos elaborados con chocolate (11 %) y regaliz (9 %). Dennis y col. en 1991 y Lodovici y col. 1995, realizaron estudios en el chocolate encontrando valores totales de HAPs en 8.95 mcg / Kg y 10.53 mcg / Kg respectivamente, podemos suponer que los productos elaborados con chocolate son probablemente los responsables de los altos niveles de HAPs (por su contenido de grasa) encontrados por De Vos y col. en el grupo de azúcares y dulces.

Más adelante en 1995 Lodovici y col. realizaron un trabajo sobre la presencia de los HAPs en alimentos que formaban parte de la dieta italiana en adultos. Dividieron los alimentos en grupos similares a los de De Vos en 1990, pero incluía un grupo de carnes cocinadas a la barbacoa y otro grupo de pizza cocinada en horno de leña. Los resultados obtenidos indicaron que los niveles mayores de HAPs se encontraban en estos últimos grupos (valores tres veces superiores al del resto de los grupos). (Ref. 1, 14 y 15.).

En la Tabla N° 8 se hace una comparación de la ingesta diaria estimada de los HAPs analizadas en diferentes estudios.

TABLA N ° 8

HAP'S	ACTIVIDAD CARCINOGENA	DENNIS Y COL. 1983 * MCG/ PERSONA/DÍA	DE VOS Y COL 1990 ** MCG/ PERSONA/DÍA	LODOVIVI Y COL 1995 *** MCG/ PERSONA/DÍA
Fluoranteno	---	0.99	0.99 - 1.66	1.02
Benzo(b)Fluoranteno	++	0.18	0.31 - 0.36	0.16
Benzo(k)fluoranteno	+	0.06	0.10 - 0.14	0.04
Bnezo(g,h,i)fluoranteno	--	NE	0.02 - 1.46	NE
Pireno	--	1.09	NE	0.18
Benzo(a)Pireno	+++	0.25	0.12 - 0.29	0.12
Benzo(e)pireno	+	0.17	NE	Ne
Indeno(1,2,-cd)pireno	+	0.00	0.08 - 0.46	NE
Dibenzo(a,e)pireno	++	NE	0.01 - 0.63	NE
Benzo(g,h,i)perileno	--	0.21	0.20 - 0.36	<0.01
Benzo(a)antraceno	+	0.22	0.20 - 0.36	0.46
Dibenzo(a,h)antraceno	+++	0.03	NE	<0.01
Dibenzo(a,j)antraceno	+	NE	0.54 - 1.03	NE
Fenantreno	--	NE	0.87 - 4.51	NE
Benzo(c)fenantreno	--	NE	0.11 - 0.91	NE
Criseno	+	0.5	0.86 - 1.53	0.83
6-metilcriseno	+	NE	0.58 - 0.73	NE
3-metilcolantreno	+	NE	0.09 - 1.68	NE
Antraceno	--	NE	0.03 - 0.64	NE

TABLA N° 8.- Ingesta diaria estimadas para cada uno de los HAPs (mcg/persona / día) e distintos países Europeos y su actividad cancerígena (Ref. 10, 13 .)

Así mismo la mayoría de los alimentos cárnicos son ahumados ó sometidos a tratamientos térmicos severos antes de ser consumidos, en el primer caso, el humo de la madera utilizada, contienen más de 200 compuestos entre los que se incluyen el formaldehído, ácidos fórmicos e hidrocarburos aromáticos policíclicos, como el Benzo (a) pireno, aunque sabemos que las ventajas del tratamiento térmico son de gran importancia, ya que además de proporcionar ablandamiento a las carnes, el cocinado es una medida de protección frente a las intoxicaciones microbianas y muchas de sus toxinas, éste tratamiento no es totalmente inocuo.

Actualmente se esta comprobando que los HAPs se encuentran en alimentos que contienen altas cantidades de lípidos y que son tratados a altas temperaturas. Se abundará del tema de la presencia de HAPs en alimentos derivados de las carnes ahumadas y tratadas a altas temperaturas más adelante.

CAP. 3. HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS PRESENTES EN CARNE Y DERIVADOS, AHUMADOS Y TRATADOS A ALTAS TEMPERATURAS.

3.1.- NIVELES DE HAPs ENCONTRADOS EN CARNES AHUMADAS Y TRATADAS A ALTAS TEMPERATURAS.

Para poder estudiar y analizar la presencia de HAPs en los alimentos cárnicos se han realizado varias investigaciones, donde se analizaron las concentraciones de éstas sustancias carcinógenas en diferentes procesos de cocinado de la carne como son el ahumado, rostizado, el cocinado a vapor y el grill o a la parrilla (carbón), siendo el primero de estos procesos el más estudiado con respecto a la presencia de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Como se muestra en la Tabla N° 9 varios niveles de benzo (a) pireno han sido reportados en una gran variedad de productos ahumados. La diferencia en el contenido de hidrocarburos puede ser atribuída a las muchas variables involucradas en el proceso de ahumado incluyendo el tipo de generador, la temperatura de combustión y tiempo de exposición.

TABLA N° 9

PRODUCTO ALIMENTICIO	NIVELES (MCG / KG)	PAÍS - INVESTIGADOR
pescado	1.7 - 53	Rusia - Gorelova, N. D
pescado	4.2 - 60	Rusia - Petrun, A. S.
tocino	1.6 - 4.0	Italia - Mannelli, G.
jamón	3.2	U.S - Howard, J. W.
carne	9 - 55	Yugoslavia - Toht, L.
pescado	11.5	Polonia Wierzchowski, J.
pescado	0.5 - 15	Canada - Panalaks, T.
tocino	1.2 - 3.6	U.S - Doremire, M. E..
carne	< 0.5	Nueva Zelanda- Swallow.W
carne de res	18.8 - 24.1	U. S. - Doremire, M.
carne de cerdo	25.8 - 31.6	U. S. - Doremire, M.
cordero	8.8. - 12.3	U. S. - Doremire, M.

Tabla N° 9.- Niveles de benzo (a) pireno (mcg / Kg.) encontrados en productos ahumados. (Ref. 33, 12).

Más adelante en 1997, se realizaron investigaciones sobre la presencia de los HAPs en diferentes procesos de cocinado de la carne y cuáles variables afectan al contenido de HAPs en el alimento.

La Tabla N° 10 muestra el efecto del cocinado a vapor (100 °C) sobre la formación de HAPs en carne. En general las concentraciones de estos compuestos aumentan con el incremento de tiempo de cocinado al vapor con excepción del acenaftaleno, acenafteno y fluoreno. (Ref.8).

También se puede observar el efecto del rostizado (200 °C) en la formación de HAPs en la carne, encontrándose niveles elevados de éstos mayores a los 40 min. de rostizado, después de los 50 min de rostizado se presentaron concentraciones altas de antraceno seguido por el fenantreno y el pireno. Lo que resulta ser que el rostizado puede inducir más a la formación de HAPs que el cocinado al vapor. La formación de HAPs es debida a los mismos o propios componentes de los alimentos, tales como ácidos grasos, triglicéridos y colesterol, los cuales pueden transformarse en HAPs a altas temperaturas de calentamiento. (Ref. 8, 15).

Con respecto al los niveles de los HAPs en el ahumado, se puede ver en la misma tabla que en la mayoría de los casos los niveles incrementan paralelamente con el tiempo de ahumado con excepción del indeno (1,2,3 - c,d) pireno. Después de 3 horas de ahumado 14 HAPs fueron encontrados, siendo el antraceno el que presentó las más altas concentraciones (122.4 ppb). (Ref. 8, 15).

En general, los niveles de HAPs carcinógenos en ahumado tradicional de productos fué de 2 a 10 veces mayores en estos que en otros productos. Las variaciones en las concentraciones de HAPs están relacionadas con las condiciones de ahumado.

TABLA N° 10

COMPONENTE	COCIDO AL VAPOR T (H)			ROSTIZADO T. (H)			AHUMADO T (H)			
	0.5	1.0	1.5	0.5	0.75	1.5	0.5	1.0	1.5	3.0
Naftaleno	0.7	2.2	2.0	24.9	43.6	52.7	47.8	50.2	58.4	86.1
Acenaftileno	0.3	0.3	0.2	4.1	5.6	5.8	9.8	11.7	11.0	16.0
Acenafteno	0.3	0.2	0.2	4.7	5.1	5.0	6.1	6.5	6.3	8.2
Fluoreno	1.2	1.1	1.0	6.1	7.0	6.9	11.0	11.2	11.8	17.7
Fenantreno	1.3	3.6	4.0	13.1	16.8	16.0	29.1	32.0	32.8	56.5
Antraceno	ND	ND	ND	3.8	3.9	3.6	10.3	10.6	10.9	122.4
Fluoranteno	ND	ND	ND	3.8	4.3	8.7	13.0	14.2	15.2	91.4
Pireno	0.6	1.2	1.2	12.4	13.0	13.0	5.8	10.4	16.9	52.1
B(a)A	ND	ND	ND	4.5	4.8	5.0	5.3	6.4	13.3	17.8
Criseno	ND	ND	ND	1.2	0.9	0.9	1.3	5.7	5.7	16.4
B(b)Fl	ND	ND	ND	9.9	10.4	10.0	1.9	2.4	8.2	15.8
B(k)Fl	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.6	1.6	2.3	7.4
BaP	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.9	6.9	9.0	13.9
I(1,2,3-cd)P	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.7	4.7	4.7	5.1
DB(a,h)A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B(g,h,i)Pe	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TOTAL HAP	4.4	8.6	8.6	88.5	115.5	127.6	154.6	174.5	206.5	526.8
HAP CARCINOGENOS	ND	ND	ND	14.4	15.3	15.0	18.8	20.4	35.2	52.6

TABLA N° 10.- Concentraciones de HAPs (mcg / Kg.) en el cocinado al vapor, rostizado y ahumado de la carne. A.- Antraceno; B.- Benzo; DB.- Dibenzo; Fl.- Fluoranteno; I.- Indeno; P.- Pireno; Pe.- Perileno; ND.-No detectable. (Ref B).

TABLA N° 11

COMPONENTE	COCIDO A LA PARRILLA " SIN PIEL " T (H)			A LA PARRILLA " CON PIEL " T (H)		
	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5
Naftaleno	1.0	57.3	58.8	36.3	42.7	73.8
Acenaftileno	6.0	6.7	10.6	7.5	12.9	19.0
Acenafteno	5.2	5.4	5.7	4.7	5.3	5.6
Fluoreno	7.2	7.7	8.3	7.5	11.5	14.4
Fenantreno	24.9	29.1	55.3	24.9	48.4	58.6
Antraceno	7.3	9.5	10.9	9.4	11.7	13.3
Fluoranteno	22.4	26.4	29.9	19.7	26.9	26.3
Pireno	21.5	48.8	47.1	24.0	31.6	31.6
B(a)A	1.6	2.6	5.5	2.4	10.5	22.3
Criseno	5.9	6.6	29.7	30.8	29.4	38.0
B(b)Fl	4.2	3.4	8.3	10.0	10.4	11.1
B(k)Fl	2.8	3.2	6.9	5.8	6.5	6.7
BaP	3.7	5.0	5.0	9.2	8.4	8.5
I(1,2,3-cd)P	2.4	2.6	2.7	5.2	5.2	5.2
DB(a,h)A	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B(g,h,i)Pe	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TOTAL HAP	151.4	199.7	299.7	182.1	276.0	319.4
HAPs CARCINOGENOS	11.9	13.6	21.5	26.8	34.6	47.1

TABLA N° 11.- Concentraciones de los HAPs (mcg / Kg.) en bistec de carne blanca cocido a la parrilla (con carbón) "con y sin piel". (Ref B).

De la misma forma se analizó el efecto del parrillado sobre la formación de los HAPs en los bisteces de pato, utilizando 2 Kg de carbón y colocado en un envase con 100 ml de gasolina, prendido a fuego durante 5 min. A seis piezas de carne blanca se les quitó la piel y otras seis no. La distancia entre las muestras y el carbón fué de aproximadamente de 1 metro.

En la Tabla N° 11 se muestra el efecto del parrillado o asado al carbón en la formación de HAPs en carne con y sin piel. En el primer caso, después del asado por 0.5 horas la carne poseía una apariencia entre dorada-amarilla y lista para comer, sin embargo se encontraron 16 HAPs a excepción del dibenzo (a,h) antraceno y benzo (g,h,i) perileno fueron encontrados. (Ref. 8).

Después del asado por 1.5 h. el naftaleno fué encontrado a concentraciones altas de hasta 73.8 ppb.

En el segundo caso, conforme el tiempo de asado se incrementó a 1 h. la apariencia de la carne se tornaba gradualmente a negro. Después del asado por 1.5 h. el naftaleno se encontró a concentraciones de 58.8 ppb. Se puede observar que las cantidades de HAPs son proporcionales al contenido de grasa durante el asado al carbón. En éste estudio realizado la cantidad de grasas en las muestras con piel son mayores que las de sin piel. Tabla N° 12. (Ref 5, 8 y 15).

TABLA N° .12

	CON PIEL (%)	SIN PIEL (%)
Humedad	55.92	55.88
Proteína cruda	19.53	32.23
Grasa Cruda	22.18	10.85
Cenizas	2.32	3.17

Tabla N° 12.- Contenido de grasas en bistek de carne blanca con y sin piel. (rcf. 8)

En la Tabla N° 13 se muestran las cantidades del total de HAPs y de los HAPs carcinogénicos de los métodos antes mencionados. En ésta podemos observar que con un tiempo de procesamiento de 0.5 a 1.5 h. en el asado de carbón de las muestras con piel contienen las más altas cantidades totales de HAPs seguidas por el ahumado, el asado al carbón sin piel, rostizado, y por último el cocinado al vapor.

Las concentraciones de HAPS carcinogénicos totales de las muestras presentadas en este estudio fueron un poco altas en comparación con las reportadas en otras investigaciones en productos cárnicos comerciales (Gomma y col 1993 y Chen y col 1996). (Ref. 1, 8, 10, 15).

Estos autores encontraron concentraciones de estos compuestos " bajas " en ahumado y asado al carbón en productos cárnicos que no excedían a los 150 ppb, estos productos incluyen, puerco guisado, salchicha Frankfurt guisada, puerco ahumado, alas, pechuga e hígado de pollo guisado y el pato asado.

Los HAPs encontrados en estos productos incluyen naftaleno, fenantreno, benzo (a) antraceno y criseno. Las concentraciones más bajas de HAPs fueron encontradas en el guisado de pechuga de pollo y en el pato asado y las más altas concentraciones se encontraron en el pato asado al carbón y en hígado de pollo guisado (Ref. 8).

La diferencia entre las cantidades encontradas en estos estudios pueden ser atribuidos a el hecho que algunos HAPs son susceptibles a la degradación de oxígeno y luz, y de ésta manera las concentraciones totales de éstos pueden sufrir una disminución gradual durante el almacenaje de los productos cárnicos comerciales.

También se han realizado estudios para el método de sasonado con humo líquido (LSF, siglas en inglés) éste humo se obtiene por destilación de la madera y posteriormente el alimento es sumergido en él por varias horas (20 -24 hrs.).Por último el alimento es empacado. (Ref. 8, 15).

En la tabla N^o 13 se muestra las cantidades totales de HAPs carcinógenos encontrados para ésta técnica, las cuales son casi nulas. Entre los HAPs se encuentran el naftaleno,acenaftileno, pireno, fluoreno, fluoranteno, criseno y benzo (a) antraceno. Después del tratamiento de los bisteces con LSF, sólo tres HAPs, naftaleno, fluoreno y benzo (k) fluoranteno fueron encontradas a la misma concentración de 0.1 ppb. Este resultado demostró que la aplicación del LSF podría reducir los niveles de HAPs .

La reducción de los niveles de HAPs puede ser atribuida a la sorbción de los componentes desde los alimentos hasta los materiales del empaque tales como el polietileno. Simko y Brunckova postularon que los HAPs migraban del medio fuertemente polar al medio no polar, donde las fuerzas de van der Waals fueron las que influenciaron para la sorbción de los HAPs no polar al empaque.

TABLA N° 13

MÉTODO	TIEMPO (H)	HAPS TOTALES (MCG / KG.)	HAPS CARCINÓGENOS (MCG / KG)
Al vapor	0.5	4.4	ND
	1.0	8.6	ND
	1.5	8.6	ND
Rostizado	0.5	88.5	14.4
	0.6	115.5	15.3
	0.8	127.6	15.0
Ahumado	0.5	154.6	18.8
	1.0	174.5	20.4
	1.5	206.5	35.2
	3.0	526.8	52.6
Grill "sin piel "	0.5	151.4	11.9
	1.0	199.7	13.6
	1.5	299.7	21.5
Grill " con piel "	0.5	182.1	26.8
	1.0	276.0	34.5
	1.5	319.4	47.1
Ahumado líquido (LFS)		87.3	1.4
Después del tratamiento		0.3	ND

TABLA N° 13.- Total de HAPs (mcg / Kg.) en carne de diferentes metodos de cocción. (Ref. 8).

3.2.- FACTORES QUE CONDICIONAN EL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS POR LOS HAPs.

Numerosos parámetros intervienen sobre la formación de los HAPs en la producción de humo y en aquellos alimentos que son tratados a altas temperaturas antes del consumo de las carnes, entre los principales factores podemos mencionar:

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE HUMO

En la Tabla N° 2 se resume las diferentes temperaturas de combustión que se alcanzan en los distintos generadores de humo, en la cual se puede observar que la temperatura de combustión se regula fácilmente en generadores de humo de fluido y en los procesos " en dos etapas " y de "carbonización ", lo que no ocurre en el generador convencional y de fricción. Como hemos visto en temperaturas elevadas (>600 ° C) son previsible las tasas elevadas de HAPs, por lo que en los últimos dos métodos se forman altas cantidades de HAPs. (Ref. 25, 34).

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AHUMADOR

Tal como habíamos mencionado anteriormente, existen diferentes tipos de ahumado; el ahumado caliente puede acompañarse de tasas elevadas de HAPs, especialmente de benzo (a) pireno, mientras que en el ahumado en frío, las tasas de contaminación de éstos compuestos son pequeñas, incluso aunque el tratamiento durara varias semanas.

Esto se debe a que el aumento en la temperatura del ahumador facilita la absorción de los HAPs, ya que requieren altas temperaturas para mantenerse en fase de vapor. (Ref. 13).

INFLUENCIA DE LA TASA DE HUMEDAD Y DE LA NATURALEZA DE LA MADERA EN EL AHUMADO.

El grado de humedad de la madera induce variaciones en la composición del humo. Las tasas elevadas de humedad llevan a humos con escasas cantidades de fenoles y con grandes cantidades de ácidos y de componentes carbonilos. Por lo que el sabor, de los productos ahumados en estas condiciones es más ácido.

Así mismo la naturaleza de la madera utilizada para la producción de humo, condiciona la composición de éste, por ejemplo: Las maderas duras son las más utilizadas ya que producen un aroma superior al obtenido con maderas tiernas. Las maderas resinosas engendran un aroma a veces desagradable. Así la combustión de las resinas da lugar a un humo cargado de partículas lo que se supone una importante contaminación de benzo (a) pireno en los productos ahumados. (Ref. 13,25).

Recientemente el mezquite, la cual es una planta leguminosa del Sureste de América ha llegado ha ser bastante popular como fuente de combustible para el asado de alimentos, ya que da un sabor único al alimento y menos seco.

Sin embargo la composición del mezquite puede ser una fuente de formación de HAPs en los alimentos. Como se había mencionado anteriormente las maderas, estructuralmente, están compuestas principalmente de lignina, hemicelulosa y celulosa. En el caso del mezquite el principal componente es la lignina (63.98 %) mientras que en nogal americano contiene en su mayor parte celulosa (53.6%).

En el condensado de humo del mezquite, un total de 31 HAPs fueron identificados, teniendo una concentración total de 1250 mcg / Kg de madera. Los mayores componentes incluyen fluoranteno, fenentreno y pireno, el BaP se encuentra presente a 74 mcg / Kg. para el mezquite y de 41 mcg / Kg. para el nogal americano condensado. La concentración de HAPs totales en éste ultimo es de aproximadamente la mitad que para el mezquite. (Ref. 31).

Varios estudios demostraron que bajo ciertas condiciones el uso de la madera del mezquite como fuente de combustible en el asado de carne de res la cual contiene cantidades suficientes de grasas puede resultar en la formación de numerosos tipos y cantidades de HAPs debido a la composición única del mezquite.

La Tabla N° 14 muestra la variación en los contenidos de HAPs en carnes con 70, 80 y 90 % magra utilizando mezquite y madera dura. Se observa que el 90 % de carne magra asada con madera de mezquite tiene 19 componentes detectables, mientras con el 70 % de carne magra 24 componentes fueron identificados. En el caso del uso de la madera dura al 90% de magra se encontraron 5 componentes y al 70 % de magra 16 HAPs fueron identificados. (Ref. 31).

TABLA N° 14

COMPUESTO	AHUMADO MEZQUITE	AHUMADO NOGAL	MEZQUITE		NOGAL	
			CARNE MAGRA AL 70 % Y	90%	CARNE MAGRA AL 70 % Y	90 %
Pireno	155	104	63	38	7	5
B (a) P	74	41	42	26	1	ND
I (cd) P	53	24	22	15	5	ND
Fluoranteno	162	103	78	9	9	6
B (k) Fl	35	14	14	8	ND	ND
B (a) F	66	24	28	17	2	1
B (b) F	31	17	12	10	7	2
Antraceno	47	31	21	20	2	ND
Fenantreno	204	112	64	22	16	10
OTROS	423	218	205	149	19	0
TOTAL HAP	1250	688	549	14	68	24

Tabla N° 14.- Contenido de HAP's (mcg/Kg) en mezquite y madera de nogal, y durante el asado a la parrilla con mezquite y carbón de madera dura. I (cd) P: indeno (1,2,3-cd) pireno; B (k) Fl: benzo (k) fluoranteno; B (ayb) F: benzo (a y b) Fluoreno. (Ref.31).

CONTACTO MAS O MENOS DIRECTO DEL ALIMENTO CON LA FUENTE DE CALOR

En este caso es un problema de la tecnología del instrumento utilizado, existen desde sistemas extremadamente simples, como las artesanales (barbacoa), hasta materiales modernos industriales o domésticos como son: cocinas, hornos, asadores, en éste último se ha tratado de aislar la fuente de calor eliminando el riesgo de inflamación y así de la pirosíntesis de HAPs.

NATURALEZA DE LA FUENTE DE ENERGÍA

Como se había mencionado anteriormente, si la fuente consiste en un proceso de combustión, como ocurre en ciertos hornos (de gas, fuel, a carbón) y en las barbacoas, y los gases y humos resultantes entran en contacto directo con el alimento, es posible la contaminación de la superficie.

CONTROL DE LA TEMPERATURA EN EL PROCESADO DE ALIMENTOS

Cuando en todos los casos en los procesamientos de los alimentos se emplean estas temperaturas durante periodos prolongados; (entre 300 y 350°C) sin riesgo de destrucción del producto, estos límites pueden incluso sobrepasarse de forma puntual y durante un corto periodo. Tostaduras importantes, es decir, carbonización superficiales, son frecuentes cuando no se controlan suficientemente los parámetros de cocción; se alcanzan entonces localmente las temperaturas que favorecen la formación de HAP. Figura N° 6. (Ref. 10).

FIGURA N° 6.

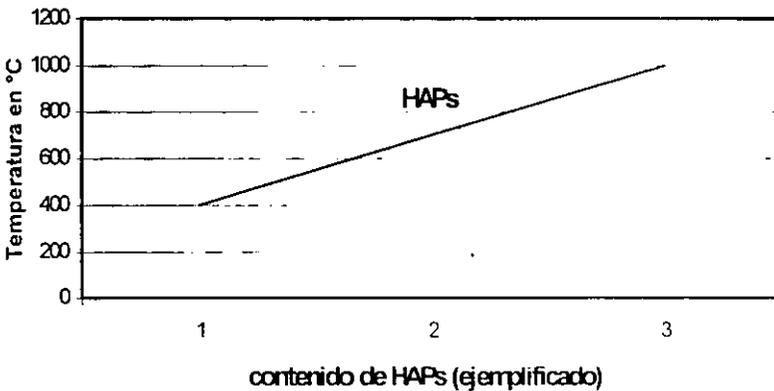


Figura N° 6.- Influencia de la temperatura de combustión sobre el contenido de los HAPs del humo.

CAPÍTULO 4 - TOXICIDAD DE LOS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS EN LA SALUD

4.1. - METABOLISMO DE LOS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS

Una vez administrados por vía oral los HAPs son absorbidos rápidamente y metabolizados, son oxidados por el sistema del citocromo P-450 a una mezcla compleja de fenoles, dihidrodioles y quinonas. Como primer paso de la biotransformación, se lleva a cabo una epoxidación de la molécula de hidrocarburo por la enzima hidrolasa epóxida, formándose una molécula biológicamente inactiva, posteriormente sucede una segunda etapa de oxidación microsomal de los dihidrodioles formados por la epoxidación inicial convirtiéndolos en dihidrodioles-epóxidos (ó diol-epóxidos).

Estos compuestos, en donde el diol-epóxido es la parte reactiva de la molécula de los HAPs tienen una alta reactividad química y biológica. La reactividad del diol-epóxido se explica en términos de su arreglo a un intermediario catiónico, el ión triol carbonio, el cual tiene carácter electrofílico y va a reaccionar con sitios nucleofílicos del ADN. Figura 7. (Ref. 3, 2B.).

FIGURA N° 7

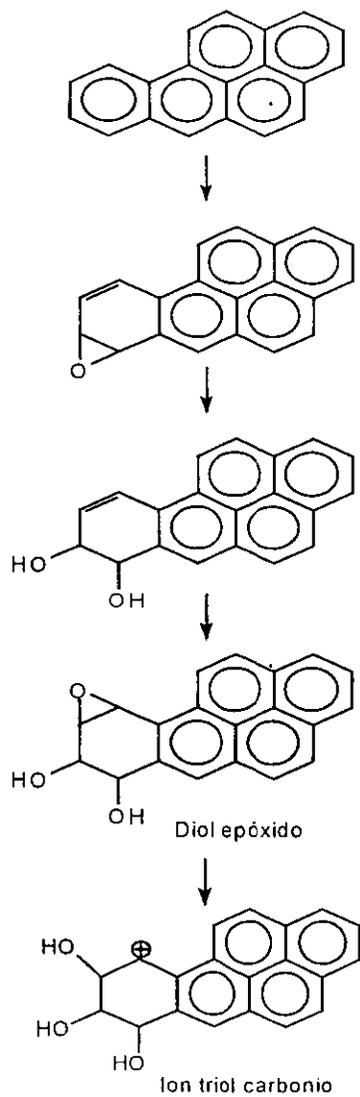


Figura N° 7. - Metabolismo del Benzo (a) Pireno. (Ref. .15.).

4.2. - MECANISMO DE ACCIÓN

Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos son considerados como agentes genotóxicos indirectos, es decir que requieren ser metabolizados para que la molécula de HAPs se active y dañe al ADN.

El principal modelo que se ha utilizado para explicar el mecanismo de acción por la que los HAPs producen cáncer es el ataque electrofílico de las bases del ADN, específicamente el par *G-C*, por los metabolitos carcinogénicos de los HAPs, seguido de la fijación de éstos al sitio de unión de la base durante la replicación del ADN. En la Figura 8 se puede ver la interacción del ión triol carbonio formado a partir del Benzo (a) pireno con el par Guanina - Citocina del ADN, en donde se establece un enlace covalente entre la posición del C-10 del ión triol carbonio y el grupo 2-amino de la guanina. Figura 8. (Ref. 15, 28).

FIGURA N° 8

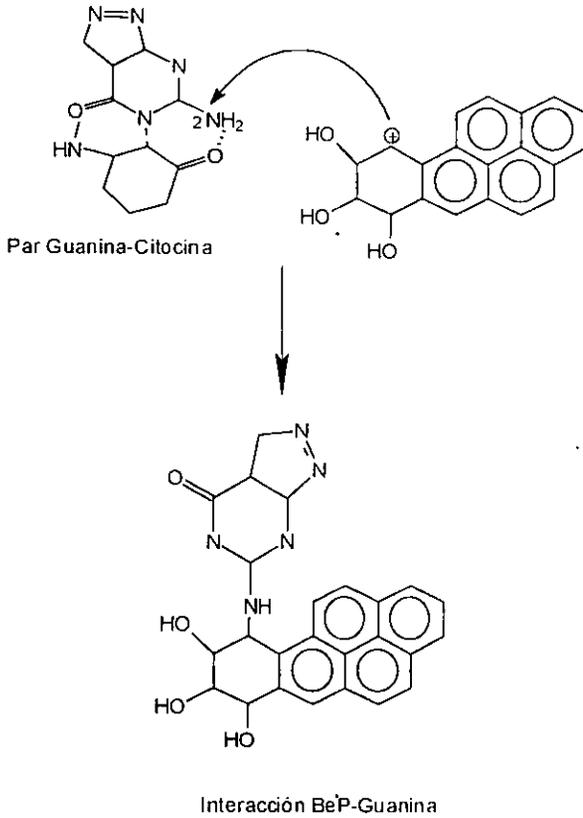


Figura N° 8.- Interacción del ión trial carbono formado a partir del Benzo (a) pireno con la Guanina del ADN. (Ref.28,29)

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Una vez que el genotóxico se une a las bases del ADN formando aductos bases (alteradas) se establece una mutación por sustitución de bases. Si estas mutaciones afectan a los genes responsables de la proliferación celular y ésta se ve incrementada, el tiempo para reparar el ADN decrece además de que es inefectiva o defectuosa y al mismo tiempo aumenta la oportunidad de presentarse células " iniciadas " (daño permanente al ADN sufrido por una célula) y con predisposición a más mutaciones. (Ref. 2, 18).

Posteriormente estas células modificadas se dividen ilimitadamente formando una población (neoplasia) las cuales se multiplican formando subpoblaciones genéticamente más aberradas (tumor maligno) y con capacidad a invadir otros tejidos (metástasis). Figura N° 9.

FIGURA N° 9

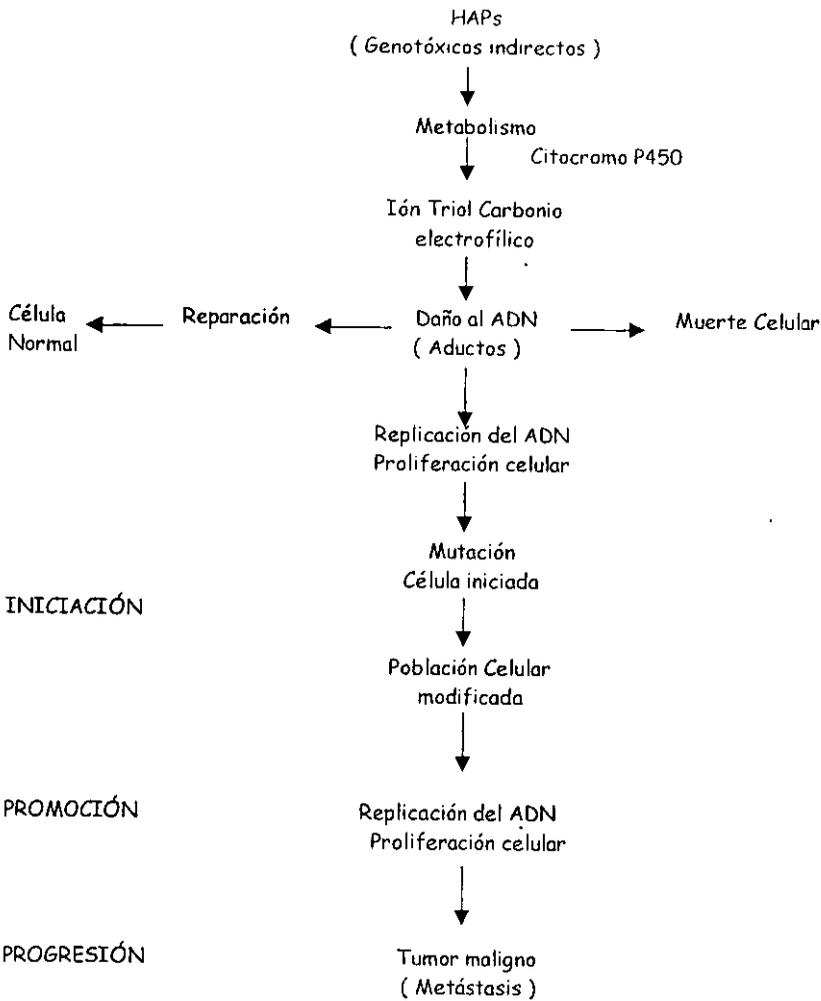


Figura N° 9.- Carcinogénesis por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. (Ref. 2, 18).

4.3. -EFECTOS TOXICOS DE LOS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS

Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos fueron los primeros compuestos definidos como cancerígenos para los animales de laboratorio, mostraban actividad cancerígena aplicadas por vía cutánea ó por inhalación (en relación con el tabaco).

Los tumores pueden ser benignos e incluso ser regresivos, o pueden llegar a ser invasivos, en base a este criterio y de los resultados de los ensayos de mutagenicidad y transformación celular los HAPs se pueden clasificar; carcinógenos demostrados, carcinógenos potenciales que requieren ser estudiados y no carcinógenos. Una evaluación de IARC en 1973 permitió establecer una lista de 13 HAPs identificados en los alimentos, indicando su carcinogenicidad relativa, entre los que se encontraban el benzo (a) pireno, antraceno, benzo (e) pireno, pireno y fenantreno. (Ref. 6,18).

El desarrollo de tumores después de la administración tópica, subcutánea, intravenosa, intramuscular o intratraqueal afecta esencialmente a la piel, pulmones (células escamosas), huesos (osteosarcomas) mamas (adenosarcomas) y estómago.

Se han identificado 6 HAPs con actividad en roedores por vía oral; el Benzo (a) antraceno, Dibenzo (a, h) antraceno, Dibenzo (a, h) pireno, Benzo (a) pireno y el metilcolantraceno. (Ref. 1, 6,18).

La administración oral resulta, en la mayoría de los casos estudiados, en papilomas y carcinomas del estómago de roedores. HAPs como BaP, dimetil benzo (a,h) antraceno y dimetil benzo (c,g) criseno han sido estudiados en ratas, ratones y hamsters al igual que el dimetil benzo (a) antraceno y 3-metil criseno, los cuales han probado ser inductores de tumores en el estómago además de inducir cáncer en ovario, mamas e hígado.

En estudios realizados por la IARC acerca del BaP mostró que este provocaba tumores gástricos, adenoma pulmonar y leucemia en ratas al ser administrado por vía oral. (IARC , 1983). Las dosis diarias a las cuales se producen dichos efectos parecen ser del orden de mg / Kg de peso (en un intervalo de 20 a 80 mg / Kg. de peso).

(Ref. 17, 18).

Con el tiempo se han seguido analizando a los HAPs, siendo el BaP la base de estudio, tal es el caso de la FDA, IARC y otras Instituciones dedicadas al estudio de compuestos carcinógenos en alimentos. Estudios recientes en donde se administraba cantidades de 10 mg vía oral en ratas durante un periodo de diez semanas mostró la formación de tumores en el estómago de los animales además de otros órganos. A dosis de 100 mg (al finalizar el experimento) cerca del 70 % de los animales desarrollaban cáncer de estómago.

Así mismo se observó el desarrollo en la piel de tumores en un porcentaje de 60 % en ratas tratadas tópicamente con aproximadamente 10 mg de BaP tres veces por semana. Se observó que la incidencia de los tumores en la piel disminuían cuando el tratamiento fue de 3 mg tres veces por semana. (Ref. 6, 43.).

Pero no solamente los HAPs son causantes de cáncer en determinados órganos, se ha comprobado que estos compuestos tienen efectos a nivel inmunológico. Se ha observado en experimentos en ratas wistar machos los cuales fueron tratados durante un periodo de 35 días con BaP a 3, 10,30 y 90 mg / kg de peso corporal. La administración oral de BaP en ratas resultó además de la toxicidad ya comprobada (tumores estómago, hígado etc.) en inmunotoxicidad, como indicaban los efectos sobre médula espinal, timo, bazo y ganglios linfáticos. (Ref. 43).

A dosis de 10, 30 y 90 mg / Kg vía oral induce un decremento del peso del timo, a dosis de 90 mg / Kg únicamente se observó que el peso de ganglio linfático (mandibular y mesentérico) fueron disminuyendo, la atrofia cortical fueron notadas en el timo, en los grupos de dosis de 30 y 90 mg / Kg, la cual fue confirmada por análisis morfométrico. Las cantidades de células nucleadas en médula espinal y bazo fueron disminuyendo a 90 mg / Kg. Así mismo las células rojas y las células blancas fueron disminuyendo en los grupos de animales de dosis 10,30 y 90 mg / Kg (Ref. 43)

También se notó que los niveles de inmunoglobulinas séricas mostraban un decremento de IgM e IgA a dosis de 30 y 90 mg / Kg , así como un decremento de actividad de las células Killer en el bazo a dosis de 90 mg / Kg.

Como se puede hacer notar en los estudios experimentales que se han desarrollado a los HAPs se observa un predominio de tumores de la parte proximal del tubo digestivo (esófago, preestómago y estómago) especialmente cuando se administra vía intragástrica y a dosis repetidas. (Ref. 16, 18, 43).

Estos datos no son determinantes ya que puede haber discrepancia debido a:

1. Los modelos usados para la estimación del riesgo no son útiles para todos los compuestos carcinógenos o algunos carcinógenos que se encuentran en los alimentos.
2. Importantes clases de carcinógenos en alimentos no han sido detectados todavía
3. Es posible que algunos carcinógenos no fueron detectados en el test shor-term porque su mecanismo de acción es diferente, o su actividad específica es baja.

TABLA N° 15

HAP'S	ACTIVIDAD CARCINÓGENA	DENNIS Y COL. 1983 *	DE VOS Y COL. 1990 **	LODOVIVI Y COL 1995 ***
Fluoranteno	---	0.99.	0.99 - 1.66	1.02
Benzo(b)Fluoranteno	++	0.18	0.31 - 0.36	0.16
Benzo(k)fluoranteno	+	0.06	0.10 - 0.14	0.04
Bnezo(g,h,i)fluoranteno	--	NE	0.02 - 1.46	NE
Pireno	--	1.09	NE	0.18
Benzo(a)Pireno	+++	0.25	0.12 - 0.29	0.12
Benzo(e)pireno	+	0.17	NE	Ne
Indeno(1,2,-cd)pireno	+	0.00	0.08 - 0.46	NE
Dibenzo(a,e)pireno	++	NE	0.01 - 0.63	NE
Benzo(g,h,i)perileno	--	0.21	0.20 - 0.36	<0.01
Benzo(a)antraceno	+	0.22	0.20 - 0.36	0.46
Dibenzo(a,h)antraceno	+++	0.03	NE	<0.01
Dibenzo(a,j)antraceno	+	NE	0.54 - 1.03	NE
Fenantreno	--	NE	0.87 - 4.51	NE
Benzo(c)fenantreno	--	NE	0.11 - 0.91	NE
Criseno	+	0.5	0.86 - 1.53	0.83
6-metilcriseno	+	NE	0.58 - 0.73	NE
3-metilcolantreno	+	NE	0.09 - 1.68	NE
Antraceno	--	NE	0.03 - 0.64	NE

TABLA N° 15- Ingesta diaria estimadas para cada uno de los HAPs (mcg / persona / día) e distintos países Europeos y su actividad cancerígena (Ref. 1, 14).

En la evaluación de la toxicidad de cualquier sustancia utilizada en la alimentación se llevan a cabo en la actualidad, estudios bioquímicos, de toxicidad aguda de corto y largo plazo y se investiga la dosis carente de efectos tóxicos en los animales y la ingesta diaria admisible para el hombre (IDA: dosis diaria de una sustancia química expresada en mg / Kg de peso corporal dividido por un factor de seguridad y que al parecer carece de riesgo apreciable) (Ref. 16, 21)

Debido a la falta de datos suficiente para fijar una dosis umbral por debajo de la cual los HAPs no tienen acción, organismos como la FAO/OMS sobre aditivos alimentarios, 1961; Comité OMS para la prevención del cáncer, 1964; trataron de adoptar la máxima prudencia posible frente a los cancerígenos potenciales, pero en el caso de los cancerígenos forzosos como los HAPs esto no era posible.

Expertos como (Grupo Científico OMS encargado del estudio de Cancerogenicidad y Mutagenicidad de sustancias químicas, 1974) adoptaron el concepto de " nivel de riesgo socialmente aceptable ", considerando que en las sustancias donde los cancerígenos son inevitables o cuando la eliminación completa de una sustancia implica una carga económica desmesurada, el toxicólogo debe evaluar los riesgos asociados a los distintos niveles de exposición. (Ref 16 18 21)

La imposibilidad de fijar una dosis sin efecto o nivel de seguridad, se debe principalmente a :

- Las causas multifactoriales de los cánceres humanos.
- Los fenómenos de co-cancerogenicidad o de inducción debido a sustancias no cancerígenas.
- Las dificultades de extrapolación del animal al hombre.

Ahora bien, en cuanto a la cuantificación debe considerarse en el caso de los HAPs presentes en los alimentos:

- a) Los niveles de contaminación medidos pueden determinar una sobre estimación de la real de nuestros alimentos, ya que se consideran las situaciones más desfavorables (zonas contaminadas, altas temperaturas etc.).
- b) La dosis mínima en la que se observó efecto tóxico en animales es de 3 mg / Kg de peso de Benzo (a) Pireno y 10 mg / Kg. de peso y la máxima de 90 mg / Kg. de peso, en donde se advierte un daño a nivel inmunológico.

De igual forma en la Tabla N° 16 observamos que la ingesta diaria media estimada de Benzo (a) pireno es de 0.25 mcg / Kg. De esta manera tenemos lo siguiente para una persona de 70 Kg. de peso:

- A dosis de 3 mg / Kg. de peso de Benzo (a) Pireno.

$$\begin{array}{l} 3 \text{ mg} \text{ ---- Kg.} \\ X \text{ ---- } 70 \text{ Kg} \quad X = 210 \text{ mg de B(a) pireno} \end{array}$$

Para poder ingerir 210 mg de B(a) P se necesita :

$\frac{3,000 \text{ mcg}}{210,000 \text{ mcg}}$	=	12, 000 VECES PARA PRESENTAR EFECTO TOXICO EN ANIMALES.	Y	84 X 10 ⁴ VECES INGERIR ESA CANTI- DAD PARA SER TOXI- CA EN HUMANOS.
$\frac{0.25 \text{ mcg}}{}$				

- A dosis de 10 mg / Kg. de peso de B (a) P.

$$\begin{array}{l} 10 \text{ mg} \text{ ---- Kg.} \\ X \text{ ---- } 70 \text{ Kg.} \quad X = 700 \text{ mg. De B(a) P.} \end{array}$$

Para poder ingerir esta cantidad de B(a)P se necesita:

40, 000 VECES PARA CAUSAR UN EFECTO TÓXICO EN ANIMALES	Y	2.8 X 10 ⁶ VECES PARA CAUSAR UN EFECTO TÓXICO SIMILAR EN HUMANOS.
---	---	--

- A dosis de 90 mg / Kg. de peso de B (a) P.

90 mg ---- Kg.

X ---- 70 kg. X = 6,300 mg

Para poder ingerir 6,300 mg de B(a) P. Se necesita:

360 X 10 ⁴ VECES PARA CAUSAR Y EFECTO TÓXICO EN ANIMALES	Y	2.5 X 10 ⁷ VECES PARA CAUSAR UN EFECTO TÓXICO SIMILAR EN HUMANOS
--	---	---

Esto es; una persona tendría que consumir una ración de B(a)P de 10⁵ y 10⁶ veces mayor a lo estimado para que cause un efecto tóxico. Pero, ¿qué hay de las carnes ahumadas? .

En la Tablas N° 10 y 11 la carne ahumada y a la parrilla ó grill se observa una cantidad de 50 mcg / kg de HAPs carcinógenos donde 14 mcg / Kg son de B(a) P en el ahumado y 8.5 mcg / Kg de B(a)P en el parrillado. Si realizamos el cálculo para una persona de 70 Kg de peso obtenemos:

Para una dosis mínima de 3 mg / Kg, de pesa.---- 210,000 mcg .

Cantidad de B(a)P en carne ahumada: 14 mcg / Kg.

14 mcg ---- Kg de carne ahumada.

210,000 ----- X

X = 15,000 Kg. Tendría que ingerir una persona de 70 Kg de peso para alcanzar la dosis que es tóxica en animales.

En términos más prácticos: si una persona consumiera 100 gramos de carne ahumada diario, entonces ingiere 1.4 mcg de B(a) P. Lo que significa que tendría que comer 150 000 veces esa cantidad para llegar a ingerir una lo suficiente de B(a) P para que provoque un efecto tóxico, esto es comer 100 g de carne ahumada durante 150, 000 días que es igual a 410 años.

Hablando de HAPs carcinógenos totales en carne ahumada tendremos:

50 mcg / Kg de HAPs Carcinógenos T.

En 100 gramos de carne hay 5 mcg de HAPs . Para una persona de 70 Kg. Tendría que ingerir 42, 000 veces esa cantidad, durante 42,000 días que es igual a 115 años.

Aplicando el concepto de efecto acumulativo de dosis se puede decir que el tiempo necesario para que un consumidor humano ingiera una cantidad equivalente, referida en cantidad de peso, excede ampliamente su esperanza de vida actual.

Por otro lado se debe mencionar que estos estudios fueron realizados en ausencia de promotores y que factores nutricionales pueden disminuir o incrementar los efectos tóxicos.

4.4. -¿QUÉ SE HA HECHO Y QUÉ SE PUEDE HACER PARA DISMINUIR LA FORMACIÓN DE LOS HAP EN LOS ALIMENTOS?

LEGISLACIÓN ACERCA DE LOS HAPs EN ALIMENTOS

La fijación de normas de contaminación teóricamente no es factible ya que no ha podido establecerse ningún umbral de toxicidad para estas sustancias. Sin embargo, no debe tampoco fijarse niveles excesivamente bajos, influenciados por los métodos analíticos modernos que permiten disminuir los límites de detección. Sólo los contaminantes derivados del tratamiento tecnológico de los alimentos son considerados en las legislaciones actuales. El ahumado de los alimentos (carnes, pescados, quesos) debe supervisarse tanto en la fijación de criterios de composición y de la calidad de los extractos de humos líquidos destinados a impregnar los alimentos como en la fijación de una concentración máxima admisible en los alimentos ahumados comercializados. (Ref. 15.).

Hasta hace algunos años, en general las diferentes legislaciones señalaban exclusivamente el límite para la presencia del BaP en los alimentos. Por ejemplo; la legislación española marca los límites de la presencia de BaP de los alimentos ahumados en aromas de humo en 0.03 mcg / Kg. En Finlandia los aditivos de ahumado deben tener una concentración de BaP inferior a 30 mcg / Kg y su incorporación a los alimentos está limitada a los 0.5 g / Kg.

La República Federal Alemana ha fijado un nivel límite de mcg / Kg de BaP en las carnes y quesos ahumados, hoy en día, la Industria alimentaria Alemana ya hace referencia a otros HAPs y no exclusivamente del BaP.

En Australia los aromas de Ahumado no pueden contener HAPs mientras que en la República de Sudáfrica se determinan las calidades necesarias de la madera empleada para la producción del humo. (no deben contener resinas, pinturas, etc.).

(Ref. 15, 16)

Es importante hacer notar que en México prácticamente no se generan ingredientes activos nuevos, por lo que éstos se importan de otros países en los que se realiza su evaluación toxicológica, esto ha traído como consecuencia que el desarrollo de la investigación toxicológica en el país no ha alcanzado el obtenido en los países en los que la industria desarrolla nuevos productos químicos y que viene ha repercutir en diferentes áreas como en la alimenticia. En México no se ha fijado un nivel que limite los HPAs en los alimentos, sin embargo se ha hecho mención de la presencia de estas sustancias en diferentes publicaciones de revistas alimentarias, dando a conocer su importancia dentro de la dieta del hombre adoptando de ésta forma en la mayoría de los casos las disposiciones de la legislación Española. (Ref. 15, 16 y21).

4.5 . -PREVENCIÓN A LA EXPOSICIÓN DE LOS HAPs

Ya se ha visto en el presente trabajo los efectos adversos del consumo de aquellos alimentos tratados a altas temperaturas, (más específicamente de las carnes) en el riesgo de adquirir cáncer. Pero es necesario también saber como nosotros podemos disminuir éstos riesgos.

Siguiendo una dieta adecuada se puede disminuir el riesgo de cáncer más no garantiza que no se desarrolle. Algunos puntos a considerar son :

1. Reducir la ingesta de grasa en los alimentos.

La NAS recomienda consumir no más de 30 % de calorías diarias en forma de grasas.

Para reducir la grasa en la dieta;

- Quitar la piel y la excesiva grasa de la carne.
- Disminuir el consumo de alimentos fritos.
- Usar menos mantequilla y aceite al cocinar.
- Leer la etiqueta del alimento para determinar la cantidad de grasas y de nutrientes en el producto.
- Sustituir algunos alimentos por otros con menor cantidad de grasas

2. Incrementar el consumo de frutas y vegetales.

3. Consumir alimentos ahumados, asados al carbón u curados sólo en moderación.

4. Tomar bebidas alcohólicas sólo en moderación. (Ref 18)

Según lo estudiado y expuesto anteriormente y en base a publicaciones hechas por instituciones como el Instituto Nacional de Cáncer y el Instituto de Nutrición nosotros podemos minimizar la exposición a los HAPs siguiendo algunos puntos como :

1.- Procurar comer carne magra o carne blanca, ellos producen menos HAPs, ya que contienen bajas cantidades de grasa que pueden llegar a ponerse en contacto con la fuente de calor.

2.- Cambiar la carne por el pescado, estos últimos tienen aún menos cantidad de grasas que la carne y también tardan menos tiempo en cocinarse por lo que se forman menos HAPs.

3.- Deshielar la carne congelada en el refrigerador antes de ser cocinada. Al cocinar la carne congelada aumentamos el tiempo de exposición de la carne a altas temperaturas y puede aumentar la formación de HAPs. (Ref. 19)

4.- Cortar la carne que vayamos a cocinar en pequeños trozos, éstos se cocen más rápido y damos menos tiempo para que se generen HAPs.

5.- Antes de asar la carne se pueden precocer en un microondas por un intervalo de 2 a 5 minutos y desechar el jugo, si descartamos el jugo reducimos en un 90 % las cantidades de hidrocarburos que se pudieran formar.

6.- Usar gas al asar la carne, en lugar de utilizar algún tipo de madera o carbón, de ésta forma se cocina a bajas temperaturas y es más fácil controlarla.

7.- Si es necesario usar madera, utilizar carbón de madera dura, ésta arde a bajas temperaturas más que el mezquite u otros.

8.- Evite construir "camas" de carbón demasiado grandes al asar o en parrilladas. Las flamas incrementan la temperatura de asado y producen más HAPs.

9.- En lugar de expandir el carbón uniformemente en todo el fondo de la barbacoa, colóquelos en el lado contrario de donde cocine el alimento, es decir en el extremo contrario a la barbacoa ó bien distribuya las brasas alrededor de la parrilla en forma de dona y cocine el alimento adentro. No se debe permitir que las flamas engloben a la carne y no dejar que las gotas de grasa toquen las brasas.

10.- Evitar o disminuir la frecuencia de comer alimentos demasiados tostados o dorados, sino por el contrario extraer el alimento de la fuente de calor tan pronto como este cocido.

11.- Evitar en lo posible comer alimentos tratados a altas temperaturas en lugares altamente traficados como carreteras o avenidas. (Ref 19)

DISCUSIÓN

Los estudios con respecto a los carcinógenos ambientales revelan que los hidrocarburos aromáticos policíclicos se forman como resultado de exponer cualquier materia orgánica a temperaturas elevadas y que por consecuencia estas sustancias se encuentran distribuidas en el medio ambiente, aire, agua, suelo y alimentos. Así mismo la presencia de HAPs en alimentos son fuente de exposición significativa para el hombre. También es un hecho que estas sustancias se encuentran en alimentos como las carnes que son tratadas a altas temperaturas antes de su consumo y que el origen de éstas es el humo de la madera, en el caso del ahumado, al igual que el uso del carbón o alquitrán en las barbacoas y a partir de las grasas de la carne y aceites que son utilizados para el rostizado de éstas. Pero también hay que resaltar que, relativamente poca información se ha obtenido de los conocimientos actuales sobre la peligrosidad real de los hidrocarburos aromáticos policíclicos para el hombre. Los datos proceden de estudios toxicológicos realizados en animales, ratas y ratones principalmente, y que tales estudios toman como base al benzo (a) pireno.

Sin embargo pocos investigadores han demostrado que otros HAPs como el dibenzo (a,h) antraceno, dibenzo (a,e) pireno, benzo (b) fluoranteno, benzo (a) antraceno, criseno, 3-metilcolantreno, benzo (k) fluoranteno, benzo (e) pireno y dibenzo (a,j) antraceno tienen igual o más, en el caso de mezclas de HAPs, actividad carcinogénica comprobada.

Con respecto a los resultados de estas investigaciones se puede notar la discrepancia en datos entre diferentes autores, lo cual se debe principalmente a lo difícil que cuantificar estas sustancias, las cuales se encuentran en los alimentos en cantidades de parte por billón, además de que los diferentes medios donde se localizan presentan diferentes problemas en los métodos analíticos y aunque en las diferentes técnicas para determinación de HAPs coinciden en el sistema de identificación y cuantificación por HPLC/fluorescencia, los procesos de extracción y purificación de HAPs son diferentes. A pesar de las dificultades de comparación antes mencionadas, de estos trabajos se puede destacar que:

- Aunque se venía destacando la presencia de HAPs en los alimentos como consecuencia de determinadas prácticas culinarias, asado al fuego directo, a la parrilla, o en el ahumado, cabe destacar que aunque menos contaminados, pero que forman en la dieta del hombre un porcentaje elevado como los vegetales y cereales y grasas representan una importante fuente de ingesta de HAPs.
- Los niveles encontrados en los diferentes estudios son del orden de microgramos por kilogramo de alimento (p.p.b.) y que los niveles a los cuales son cancerígenos en ratas de laboratorio son del orden de miligramos por kilogramo de peso corporal, lo cual como ya lo hemos demostrado el tiempo para que una persona ingiera esa cantidad sobre pasa su esperanza de vida.

- Lo anterior no quiere decir que los hidrocarburos aromáticos policíclicos son de poca importancia como compuestos cancerígenos en alimentos, ya que si bién como tales en alimentos podríamos considerarlos "inócuos" por las cantidades en que se encuentran, no hemos considerado el hecho de que otras sustancias como: nitratos y nitritos, colorantes organicos sintéticos, conservadores y aminas aromáticas entre otros, también están presentes en los alimentos que consumimos y pueden sumarse a los efectos HAPs causando un daño en el ADN y afectando al mecanismo de reparación del mismo y de esta forma llegar a formar tumores.

Como se ha podido observar, la respuesta a la pregunta ¿son los hidrocarburos aromáticos policíclicos tóxicos? Debe ser "sí" ya que todas las sustancias poseen algunos efectos tóxicos en determinadas condiciones de exposición a las mismas, además de lo dicho con anterioridad.

La dificultad para la identificación y cuantificación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos es una barrera para determinar la toxicidad de estas sustancias, lo anterior aunado a que los ensayos de toxicidad en animales y su evaluación están cambiando continuamente, que la inquietud y confusión sobre salubridad de aditivos en alimentos y el temor de la gente hacia el cáncer, ha dado lugar a revisiones de sustancias nuevas y antiguas.

Por lo que es necesario poner atención a las sustancias que son de manera intencional o no a los alimentos. Sin embargo aunque los toxicólogos pudieran determinar de un modo preciso el riesgo de los HPAs, aun quedaría el problema de cómo regular éstas sustancias. No se ha logrado legislar a estas sustancias de manera definitiva, diferentes países han tratado de poner ciertos límites para los HAPs pero tomando como base al benzo (a) pireno lo cual no es totalmente adecuado ya que hemos visto que existen otros HAPs que al igual que el benzo (a) pireno son cancerígenos y deben ser estudiados y observados con el mismo cuidado.

Todo lo anterior nos lleva a querer delimitar esas posibles causas de contaminación y disminuir así la exposición a los HAPs tomando como puntos principales:

1. Reducción de la incidencia de los procesos ambientales contaminantes, que plantea el problema de más difícil resolución, y que requiere una vigilancia y detección de algunos puntos de importante contaminación.
2. Control estricto de los tratamientos tecnológicos que pueden originar HAPs como parece haberse conseguido en las técnicas de ahumado. (LFS).

3. Información al consumidor por propagación en diferentes medios de comunicación sobre los tratamientos culinarios de acción térmica mal controlada que causan los niveles de contaminación más elevadas, así como fomentar una educación en los hábitos alimentarios desde la niñez.

4. Los niveles de contaminación deben ser controlados por los poderes públicos mediante encuestas periódicas que permitan detectar los puntos de máxima contaminación, para intentar reducir estos niveles, y también para conocer las cantidades de HAPs realmente ingeridas en las diferentes situaciones alimentarias.

5. Control de los contenidos de HAPs de los aceites minerales de uso alimentario, utilizados en las Industrias agrícolas y alimentaria.

Por último, es importante mencionar que si bien la Toxicología ha adquirido una gran importancia y aplicación como disciplina científica está en dificultades, no sólo por falta de personas dedicadas a ella sino también por las críticas que recibe tanto internas como externas, que están influyendo en su credibilidad. Es urgente la formación y preparación de toxicólogos y especialistas en disciplinas afines, ya que no se le ha dado a ésta área la importancia debida, especialmente en México y más aún en alimentos.

CONCLUSIONES

A pesar de las diferencias y la dificultad de comparación encontrados en algunos estudios realizados para los HAPs en alimentos y de la bibliografía, se puede concluir lo siguiente:

- ✓ Los alimentos constituyen una fuente de exposición importante para el hombre a los HAP's, lo cual puede ser resultado de la contaminación del suelo, aire y agua, así como de ciertos hábitos alimentarios del hombre, el cual a su vez, está regido por las técnicas empleadas en el procesado y cocinado de alimentos, la disponibilidad de tiempo, actividad laboral y recursos económicos de una población.

- ✓ La pirólisis de los hidratos de carbono y las grasas a Temperaturas mayores de 500 ° C son la causa principal de la aparición de estos compuestos. Por lo tanto, las prácticas culinarias tales como asado al fuego directo, a la parrilla y el uso de ahumado como técnica de conservación, son causantes de la formación de HAPs y de su presencia en los alimentos.

- ✓ Cabe destacar que, aunque menos contaminados, los alimentos como cereales, vegetales, frutas, productos de panadería etc., que forman parte de la dieta en un alto porcentaje pueden representar una fuente relativamente importante de ingesta de HAPs.

- ✓ Es necesario continuar estudiando este tipo de compuestos, que aunque, solo se presentan en mínimas cantidades en alimentos, no quiere decir que debemos restarles importancia.

- ✓ Debemos tratar de disminuir el consumo de carnes ahumadas y / o tratadas a altas temperaturas ya que estos presentan los más altos niveles de contaminación por HAPs y si no es así emplear técnicas de prevención que disminuyan su formación.

- ✓ Las personas dedicadas al área de salud (médicos, farmacéuticos, toxicólogos, enfermeros y nutriólogos) cobran gran importancia ya que pueden hacer en este campo una gran labor de educación, dando información importante sobre los carcinógenos de los alimentos.

REFERENCIAS

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Public Health Statement. (ATSDR). 1600 Clifton Road. Atlanta Georgia 30333. 1990.
2. Alexandre, B. J., " Procesos de elaboración de alimentos ". Unoversidad politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos. España . 1986. p.p 142 - 155.
3. Bernanrd T. and Jhon Caldwell. " Biochemistry of Redox Reactions. Metabolism of Drugs and Other Xenobiotics ". Edit. Academic Press. 1995. p.p 144-146 y 350-357
4. Bourges, H. " Nutrición y Alimentos, su problemática en México ". Edit. Continental S. A. de C. V. México. 1986.
5. Brandly, P. J., Migak, G. D., Kemet, E.J. " Bioquímica de Alimentos ". Compañía Editorial Continental. S. A. Mex. - Espñ.- Argt. - Chile-Venz. Segunda edición. 1980. pp 285 - 290. 448 - 580.
6. Concon, J. M. " Food Toxicology. Principles and concepts ". Edit. Marcel Dekker. INC. U:S. 1988.
7. Coultate, J.; Davies, J. " Alimentos. Lo que conviene saber para una alimentación correcta ". Edit. Acribia. S . A. Zaragoza. España. 1994. p.p. 123 - 146.
8. Chen, B. H., Lyn Y. S. " Formation of Polycyclic aromatic Hydrocarbons during processing of duck meat ". J. Agric. Food Chem. Vol 45, N° 4. 1997. p.p 1394 - 1402.

9. Chen, B. H., Wang, C. Y., Chiu, C.P. " Evaluation of analysis of polycyclic aromatic hydrocarbon in meat products by liquid chromatography. J. Agric. Food Chem. Vol. 44, N° 8. 1996. pp 2244 - 2251.
10. Derache, R. Coordinador. " Toxicología y Seguridad de los alimentos ". Edit. Omega. S. A. Barcelona. España. 1990 p.p 295 - 310.
11. Dreisbach, H., Robert H., Robertson, W." Manual de Toxicología ". Edit. El Manual Moderno. México. D. F. 1988.
12. Forrest, J. C., Aberle, D. E. y col. " Fundamentos de ciencia de la carne ". Acribia Zaragoza España. 1980 p.p. 190 - 195.
13. Girard, J. P. " Tecnología de la carne y de los productos cárnicos ". Acribia S. A. Zaragoza España. 1991. p.p 35 - 83 y 183 - 229.
14. Guillen M. D., Sopelania, P., Cid, C. " Presencia de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en los alimentos que forman parte de la dieta de distintos países europeos. Alimentaria N° 278, 1996.. pp. 41-47. 26 ref.
15. Hardisson, A., Castells, S. " Carcinógenos en Alimentos ". Alimentaria. N° 190, 1998. pp 71 - 85, 42 ref.
16. Howard, R. R. " Sanidad alimentaria". Cap. 6 y 7. " sanidad alimentaria y toxicología " . Compuestos originados durante el almacenamiento y preparación de los Alimentos ". Acribia S. A. Zaragoza. España. 1986. p.p 177 - 180, 239 - 254
17. [http://www.bccancer.bc.ca/BCcancer agency](http://www.bccancer.bc.ca/BCcancer%20agency). " Carcinogenos".1999.

18. <http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/Pubs/Foodnut>. "Nutrición y cáncer". Anderson J. 1999.
19. <http://www.cspinet.org>. Safe cooking. Beat the heat. Scharddt D. and Corcoran. L. 1998.
20. <http://www.geocities.com//CollegePark/Lab/2969/Fritura.htm>. "Aceites de fritura". 1999
21. <http://www.natlaw.com/pubs/spmxcn9.htm>. " Toxicos ambientales y salud pública en México.
22. Juominen, J. P. et al. " Cereal products as a Source of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons ". J. Agric. Food Chem. Vol 36. 1988. p.p 115 - 123.
23. Kiceniuc, J. W. and Holoubek, I. " Analysis of contaminants in edible. Aquatic resources". Chapter 7. Polycyclic aromatic compound ". Edit. VCH Rublishers. INC. U:S: 1994.. p.p 429 - 447.
24. Kleinjans, J.C.S., et al. " Polycyclic aromatic hydrocarbons in whiskies" . Lancet. Vol 34 (9043). 1996. pag. 1731, 5 ref.
25. Lawrie, R. A. " Ciencia de la Carne ".Cap. 8 " Almacenamiento y conservación de la carne ". Edit. Acribia Zaragoza. España p.p 263 - 305. 1977.
26. Lozana, M., Vidal-Aragón, M.C., Mentero de Espinosa, V. " Características Nutricionales de seis tipos de jamón curado procedentes de países del sur de Europa ". Alimentaria. Nº 297. 1998. p.p 99 - 103.
27. Lu, C. F. " Toxicología Básica ". Editorial Harla. México D. F. 1992.
28. Luck, E. " Conservación química de los alimentos ". Zaragoza España. 1980. p.p 175 - 185.

29. Lutz, W. K., Schalatter, J. " The relative importance of mutagens and carcinogens in the diet ". *Pharmacology and Toxicology*. Vol 72, 1993. p.p 104 - 107s.
30. M. C. León., Burgos, A., Hernández- Velázquez A., Hardisson, A. "Alimentación Nutrición y Salud ". *Alimentaria*. Nº 278. Vol 34. 1996. p.p 29 -41.
31. Maga, J. A., " Polycyclic aromatic hydrocarbon composition of mesquite. Smoke and grilled beef ". *J. Agric. Food Chem*. Vol 34, Nº 2. 1986. p.p 249 - 251.
32. *Manuales para Educación Agropecuaria*. " Elaboración de productos cárnicos ". Edit. Trillas. México. segunda edición. 1983.
33. Miller, K. " Toxicological Aspects of food ". Edit. Elsevier Applied Sciencia. U.S. 1987. p.p 204 - 212. .
34. Multon, L., Lapatre, F. " Aditivos y auxiliares de fabricación en las Industrias Agroalimentarias". *Acribia S. A. Zaragoza España*. Tercera Edición. 1981. p. p 490 a la 505.
35. Muller, H. G. and Tobin, G. " Nutrición y ciencia de los alimentos ". *Acribia S. A. Zaragoza España*. p.p. 1980 - 1990.
36. Pearson, D." *Técnicas de laboratorio para el análisis de Alimentos*". Edit. *Acribia S:A: zaragoza. España*. 1986. pp 208 - 220.
37. Rechcigl, M. Jr. *CRC: " Handbook of naturally Occurring food toxicants"*. Edit. *CRC. Press. INC. Florida. U S*. 1983. p.p 161 - 190 .
38. Ritche, A. S. J. " *Estudiemos la Nutrición* ". *FAO*. Tercera impresión. 1975.