



Sustancias tóxicas

Breve descripción:

En este componente se aborda el tema de sustancias tóxicas teniendo en cuenta los procesos de preparación, aditivos alimentarios para la conservación, almacenamiento, entre otros.

Adicionalmente, se estudian los efectos de la contaminación ambiental sobre los alimentos y los diferentes elementos y compuestos que son consumidos por el hombre y pueden llegar a afectar su salud.

Noviembre 2024

Tabla de contenido

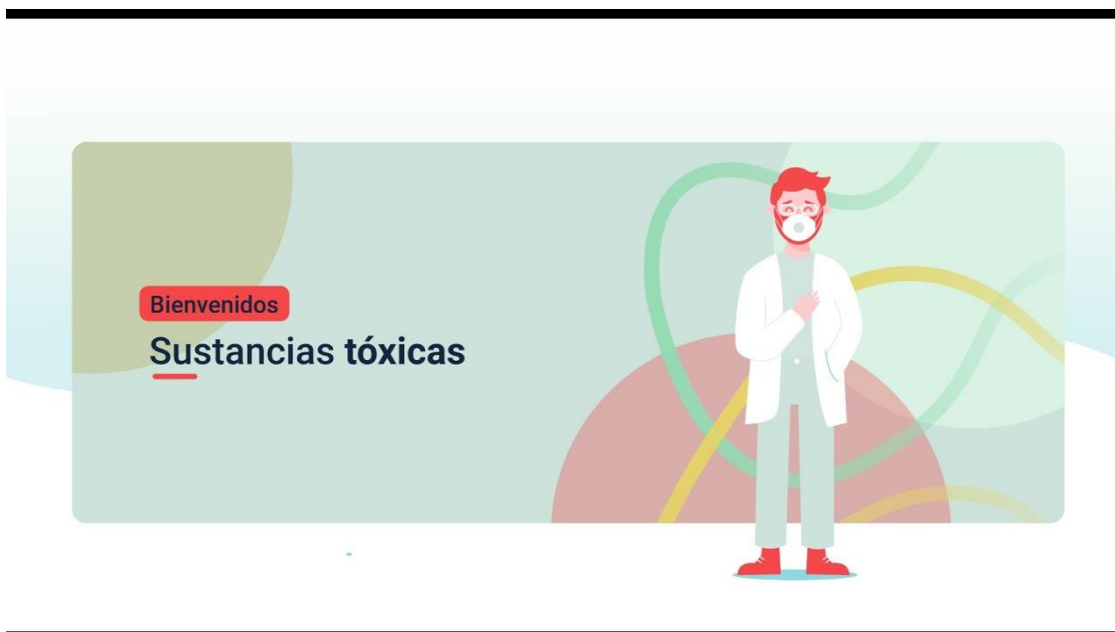
Introducción	1
1. Sustancias tóxicas derivadas del proceso de preparación y almacenamiento de los alimentos	3
1.1. Derivados de la pirólisis	3
1.2. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	3
1.3. Aminas heterocíclicas (AH)	6
2. Derivados de la fracción nitrogenada	7
2.1. Interacción proteína-proteína en alimentos de alto contenido proteico.	7
2.2. Interacciones de las proteínas y los hidratos de carbono (Reacción de Maillard).....	7
3. Nitrosaminas	11
3.1. Principales fuentes tóxicas	12
3.2. Aminas biógenas	12
3.3. Toxicidad derivada de la conservación de los alimentos	15
4. Hidrocarburos policlorados, dioxinas y furanos policlorobifenilos (PCBs)	17
4.1. Dioxinas y Furanos.....	17
5. Metales pesados	19
6. Radionúclidos	27
7. Residuos de producción agrícola y ganadera	28

7.1. Organofosforados	32
7.2. Organoclorados	33
7.3. Carbamatos	34
8. Residuos de productos farmacológicos.....	34
8.1. Antibióticos	35
8.2. Beta - antagonistas	36
8.3. Antitiroideos o tireostáticos	37
8.4. Tranquilizadores.....	37
8.5. Anabolizantes o promotores del crecimiento	37
Síntesis	40
Glosario	41
Referencias bibliográficas	42
Créditos	43

Introducción

En el siguiente video se puede apreciar la introducción al componente, donde el aprendiz puede conocer los temas principales.

Video 1. Sustancias tóxicas



[Enlace de reproducción del video](#)

Síntesis del video: Sustancias tóxicas

Bienvenidos. En este componente realizaremos un acercamiento a las sustancias tóxicas que pueden estar presentes en los alimentos o en la contaminación ambiental. Algunas sustancias consideradas como cancerígenas provienen de aditivos alimentarios y productos químicos usados para mejorar el sabor o prolongar la vida del producto en las estanterías. La clave para evitar los alimentos que pueden causar algún tipo de toxicidad y probablemente cáncer es conocer los ingredientes

cancerígenos y leer las etiquetas para evitar su consumo. Además de los compuestos de origen natural, contaminantes y principalmente aditivos, no se consideraba la generación de tóxicos en el proceso de transformación de alimentos. Hoy en día, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconocen que cualquier sustancia consumida en exceso, incluyendo el agua, puede ser dañina para el ser humano hasta el punto de causar la muerte. Por otro lado, la contaminación ambiental supone un riesgo para la seguridad de los alimentos, influye en la selección de estos y condiciona los hábitos alimentarios, afectando su composición nutricional. Algunos metales pesados que contaminan los alimentos forman parte de la corteza terrestre del planeta, por lo que su presencia es inevitable, y sus efectos dependen de la concentración. Estos contaminantes están ampliamente distribuidos por todas las regiones del planeta, lo cual hace muy compleja su erradicación. Arsénico, mercurio, plomo, cadmio y aluminio son los principales responsables de la contaminación ambiental en los alimentos de manera natural. Adicionalmente, el desarrollo de la calidad y cantidad de producción animal mediante la inserción de sustancias para aumentarla representa una fuente de contaminación que afectará la calidad final de los alimentos. Por otra parte, los plaguicidas suponen un factor muy importante en la contaminación ambiental; aunque su aplicación no es directa a los alimentos, su uso en los cultivos fomenta su acción contaminante. A través de la lectura y revisión del material de apoyo, el aprendiz podrá entender, apropiarse y dominar los procesos y características principales de las sustancias tóxicas que pueden estar presentes en los alimentos que consumimos. Comencemos.

1. Sustancias tóxicas derivadas del proceso de preparación y almacenamiento de los alimentos

Tanto en las operaciones tecnológicas de elaboración como en los procesos culinarios y la conservación, los alimentos reciben tratamientos térmicos que hacen que se produzcan reacciones entre sus componentes, dando lugar a la formación de nuevas estructuras químicas, muchas de ellas con cierta toxicidad.

En general, cocinar los alimentos se hace desde hace mucho tiempo, esto se realiza por varias razones:

- Aumenta la palatabilidad.
- Facilita la digestibilidad.
- Destruye los microorganismos tóxicos.
- Desactiva los inhibidores enzimáticos.

1.1. Derivados de la pirólisis

La pirólisis es un proceso químico causado por el calentamiento en ausencia de oxígeno, en el cual se descompone la materia orgánica de todo tipo de materiales, menos metales y vidrio. Se forman principalmente:

1. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).
2. Aminas heterocíclicas (AH).

1.2. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)

Son sustancias con estructuras orgánicas de dos o más anillos benzoico-fusionados, organizados de diferentes formas, y eventualmente con sustitutos metilo o cadenas más largas de tipo alquilo.

- **Benzo (g,h,i) perilé C22H12**

Los HAP son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes que se forman durante la combustión incompleta del carbón, el petróleo y la gasolina, la basura y otras sustancias orgánicas como el tabaco o la carne preparada a la brasa.

Los HAP se encuentran generalmente como una mezcla de dos o más de estos compuestos. Los alimentos crudos contienen pocos HAP, los cuales se ven incrementados cuando el alimento es cocinado, es tostado o se lleva a plancha. La formación de ellos en preparaciones con brasas de carbón, aumenta por el contenido de grasa de la carne, el tiempo de cocción y la temperatura.

El cancerígeno más conocido de todos es el benzopireno, ampliamente difundido en los alimentos. Se forma a partir de almidón a 370 - 390 °C y también a partir de aminoácidos y ácidos grasos a temperaturas altas.

Vías de exposición del HAP

Uso habitual de productos derivados del petróleo y fumadores.

Ambiental:

1. Atmósfera (vehículos a motor, todos los diésel).
2. Agua consumo y precipitaciones.
3. Suelo y sedimentos, (deposición atmosférica o de plantas, y carbonización de plantas).
4. Animales (animales marinos sobre todo cúmulos HAP, los invertebrados primitivos como esponjas).

- **Alimentaria**

Dieta (deposición de partículas de agua, suelo y aire contaminado), mariscos.

- **Tecnológica**

Tratamientos térmicos: secado, ahumado, adición de aditivos como aromas de humo, métodos de cocción (brasa, frito).

Los HAP son compuestos de carácter lipofílico que se concentran en grasas y aceites.

- **Efectos tóxicos**

En general no se han detectado efectos agudos de los HAP en humanos.

- **Efectos crónicos (no cancerígenos)**

En general no se han detectado efectos agudos de los HAP en humanos.

- Desórdenes en la piel en humanos y animales.
- Efectos respiratorios.
- Efectos en la sangre y en el hígado.
- Toxicidad reproductiva en animales, incluyendo una disminución de la fertilidad (no hay información para humanos), efectos cancerígenos.
- Aumento del cáncer de pulmón en humanos expuestos a emisiones de hornos de carbón de coque, material de construcción, derivados del alquitrán y humo de tabaco.
- En general los compuestos con mayor peso molecular (3 - 5 anillos benzoicos) son los más cancerígenos para el organismo.

1.3. Aminas heterocíclicas (AH)

Producidas por la pirólisis de aminoácidos, cuando los alimentos de alto contenido en proteínas como las carnes y el pescado, se llevan a tratamientos térmico intensos. Se han identificado hasta 20 estructuras diferentes que se pueden agrupar en 2 familias:

- Amino piridinas (carbolinos).
- Amino-N-metilimidazol.

La formación de AH depende de:

- Tiempo de cocinado.
- Temperatura (aumento exponencial $> 150^{\circ}\text{C}$).
- Tipo de alimento.
- Contenido en grasa.
- Humedad.
- Presencia de aditivos.
- Tipo de cocinado (microondas, hervido, frito, sartén eléctrica).
- Generalmente la cantidad de carnes: pescado y carne pura, mezclas, salchichas o albóndigas.

No es fácil evitar la formación de estos compuestos en productos ricos en proteínas, por ello se han realizado diferentes estrategias como:

- Hervir el pescado y estofar la ternera utilizando más el microondas, asar o freír sólo a baja temperatura ($< 180^{\circ}\text{C}$).
- Eliminar la costra y partes quemadas de carne, aves y pescado.

- La precocción en microondas ha demostrado que disminuye hasta un 90 % la formación de AH.
- Las AH se absorben por el tracto gastrointestinal y un 40 % se elimina por la orina. Estas han demostrado ser mutagénicas y cancerígenas en animales de laboratorio.

2. Derivados de la fracción nitrogenada

2.1. Interacción proteína-proteína en alimentos de alto contenido proteico

Uno de los métodos más habituales para hacer digeribles ciertas fracciones vegetales o animales consiste en el tratamiento con disoluciones alcalinas. Así se consiguen los lisados proteicos utilizados en alimentación animal y humana. El tratamiento alcalino tiene una serie de consecuencias como la racemización y destrucción de aminoácidos y formación de enlaces covalentes intra e intermoleculares, que también forman derivados tóxicos como lisinoalanina (LAL), ornitoalanina y lantionina. Esto trae como consecuencia la Nefrotoxicidad y disminución del valor nutritivo.

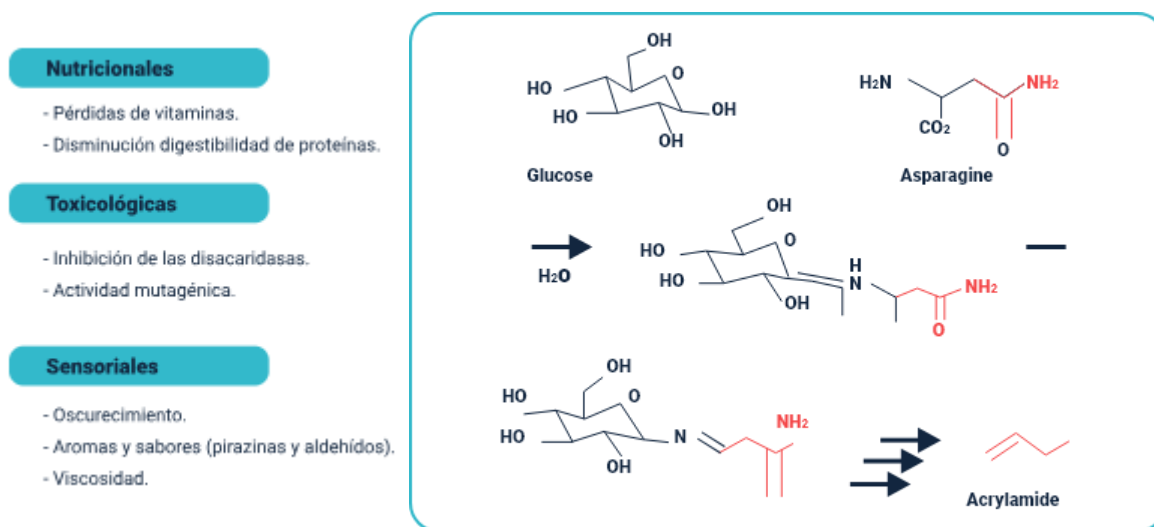
2.2. Interacciones de las proteínas y los hidratos de carbono (Reacción de Maillard)

Entre los procesos de elaboración de algunos alimentos, se produce lo que se llama oscurecimiento no enzimático o reacción de Maillard, es el resultado de productos reductores, primariamente azúcares, que reaccionan con proteínas o con grupos amino libres. Esta reacción cambia tanto las propiedades químicas como fisiológicas de las proteínas. En general la acumulación de pigmentos de color marrón indica que la reacción se ha producido en alimentos que contienen hidratos de carbono y proteínas. En la industria láctea se emplea como indicador de un procesado térmico

excesivo. (Aqualab, lab-Ferrer) Esta reacción compleja descubierta por Maillard, puede ser deseable en algunos casos y absolutamente no deseable en otros. El pH, temperatura, humedad, presencia de iones metálicos y la propia estructura del azúcar son condicionantes de la velocidad de reacción. El control de la reacción de Maillard es muy importante, no sólo por posibles consecuencias adversas de color y aroma, sino por la posible toxicidad de los productos de degradación de las nitrosaminas.

Consecuencias

Figura 1. Reacción de Maillard.



Fuente, Sena 2012

La figura describe La reacción de Maillard implica efectos en diferentes áreas: nutricionales, como la pérdida de vitaminas y la reducción de la digestibilidad de las proteínas; toxicológicas, incluyendo la inhibición de disacaridasas y potencial actividad mutagénica; y sensoriales, con cambios en el color (oscurecimiento), generación de aromas y sabores, y aumento de la viscosidad.

Aspectos favorables de la reacción Maillard

- Mejora las propiedades organolépticas.
- Formación de productos con actividad antioxidante y antimicrobiana.

Acrilamida

Subproducto que se forma en alimentos ricos en carbohidratos (almidón), baja humedad y tratados a altas temperaturas (más de 120 °C). Es una sustancia potencialmente cancerígena.

Se forma en el transcurso de la reacción de Maillard por interacción de la asparagina (ASN) y azúcares reductores libres. Este compuesto se forma en mayores cantidades en aquellos alimentos en los que abundan los aminoácidos: representa el 40 % de los aminoácidos totales en las patatas chips, 14 % en la harina de trigo y el 18 % en los productos a base de centeno y café instantáneo.

Su formación depende de muchos factores como son la temperatura y tiempo de cocción, humedad, pH y la presencia de hidratos de carbono como fuente de carbonilos necesarios para la reacción de Maillard.

¿Cómo reducir las acrilamidas en alimentos a preparar?

- Al freír papas se debe utilizar variedades que sean bajas en carbohidratos.
- Se deben freír los alimentos entre 145 y 170 °C.
- Al freír papas a la francesa deben quedar de color amarillo dorado, nunca café dorado.
- Al tostar pan debe quedar de color dorado tenue aceptable.
- Las papas en rebanadas se deben dejar de 15 a 30 minutos en agua antes de freírlas o asarlas.
- Las papas crudas no se deben almacenar en el congelador.

(Revista Scielo 2010).

La formación de acrilamida comienza los 100 °C, acelerándose a partir de los 140 °C y siendo la temperatura óptima de 180 °C (en cualquier horno o sistema de fritura industrial). En alimentos en ebullición no aparece la acrilamida, probablemente porque los alimentos se cuecen en la temperatura de ebullición del agua aproximadamente a 100 °C. La agencia internacional para el Cáncer (IARC) clasifica la acrilamida como un probable carcinógeno en humanos (Grupo 2A).

- **Neurotóxico**

A altas exposiciones ocupacionales y accidentales (en animales y hombre).

- **Genotóxico**

Afecta a células germinales (conduce a cambios hereditarios).

- **Carcinógeno**

En animales de experimentación (ratas).

- **Clínica**

Somnolencia, descoordinación, alucinaciones, confusión, sensaciones anormales, debilidad muscular y descoordinación. Estudios en humanos (sobre 8.000 trabajadores en China) que daban positivo en neurotoxicidad presentaban relación con la aparición de cáncer.

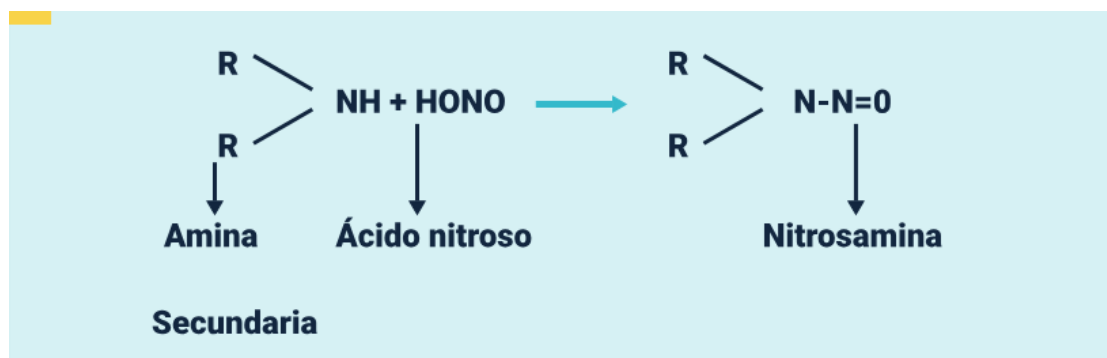
Métodos para minimizar el contenido en acrilamida en los alimentos:

- No sobrecalentar los alimentos ricos en carbohidratos.
- Evitar los alimentos ricos en asparagina y azúcares.
- Disminuir los niveles de asparagina mediante modificaciones genéticas.
- Hidrolizar la asparagina.

3. Nitrosaminas

Son compuestos cancerígenos que se forman por reacción del óxido nitroso con aminas secundarias y terciarias durante el curado de productos crudos.

Figura 2. Formación química de la nitrosamina.



Fuente, Sena 2012

La figura presenta la estructura molecular de la nitrosamina, donde un átomo de nitrógeno está enlazado a un grupo nitroso (- NO) y un grupo amino, ilustrando su configuración química básica.

Riesgos:

- Metahemoglobinemia en manipuladores y niños.

Beneficios:

1. Inhibición al Clostridium Botulinum.
2. Estabilización del color en la carne (Nitrosomioglobina).

Se conocen casos fatales por ingestión de embutidos con cantidades de nítridos, producidos localmente por una mala mezcla del aditivo con el resto de ingredientes durante la fabricación. Para evitar esto, se puede utilizar el ácido nítrico ya previamente

mezclado con sal. En muchos países esto se tiene que hacer obligatoriamente y en la normativa CEE incluyen obligatoriedad.

3.1. Principales fuentes tóxicas

La exposición a las Nitrosaminas de los fumadores es el doble que las demás personas que llevan una dieta normal y no fuman.

- **Productos**

Crudos - curados.

- **Productos fermentados**

Quesos y bebidas alcohólicas.

- **Productos fermentados**

Debido a la presencia de dimetilamina procedente del óxido de trimetilamina.

Se conocen una serie de técnicas para disminuir el riesgo de formación de nitrosaminas. En primer lugar, reducir la concentración de nitritos y nitratos siempre que esto sea posible.

En segundo lugar, se pueden utilizar otros aditivos que bloqueen el mecanismo químico de formación

de nitrosaminas: ácido ascórbico (E - 330) y los derivados, los tocoferoles (E - 603 y siguientes), especialmente eficaces en medios acuosos o grasos respectivamente.

3.2. Aminas biógenas

Formadas por la descarboxilación enzimática de los aminoácidos.

Entre las más importantes está la histamina (el aminoácido precursor es la histidina).

También se pueden encontrar:

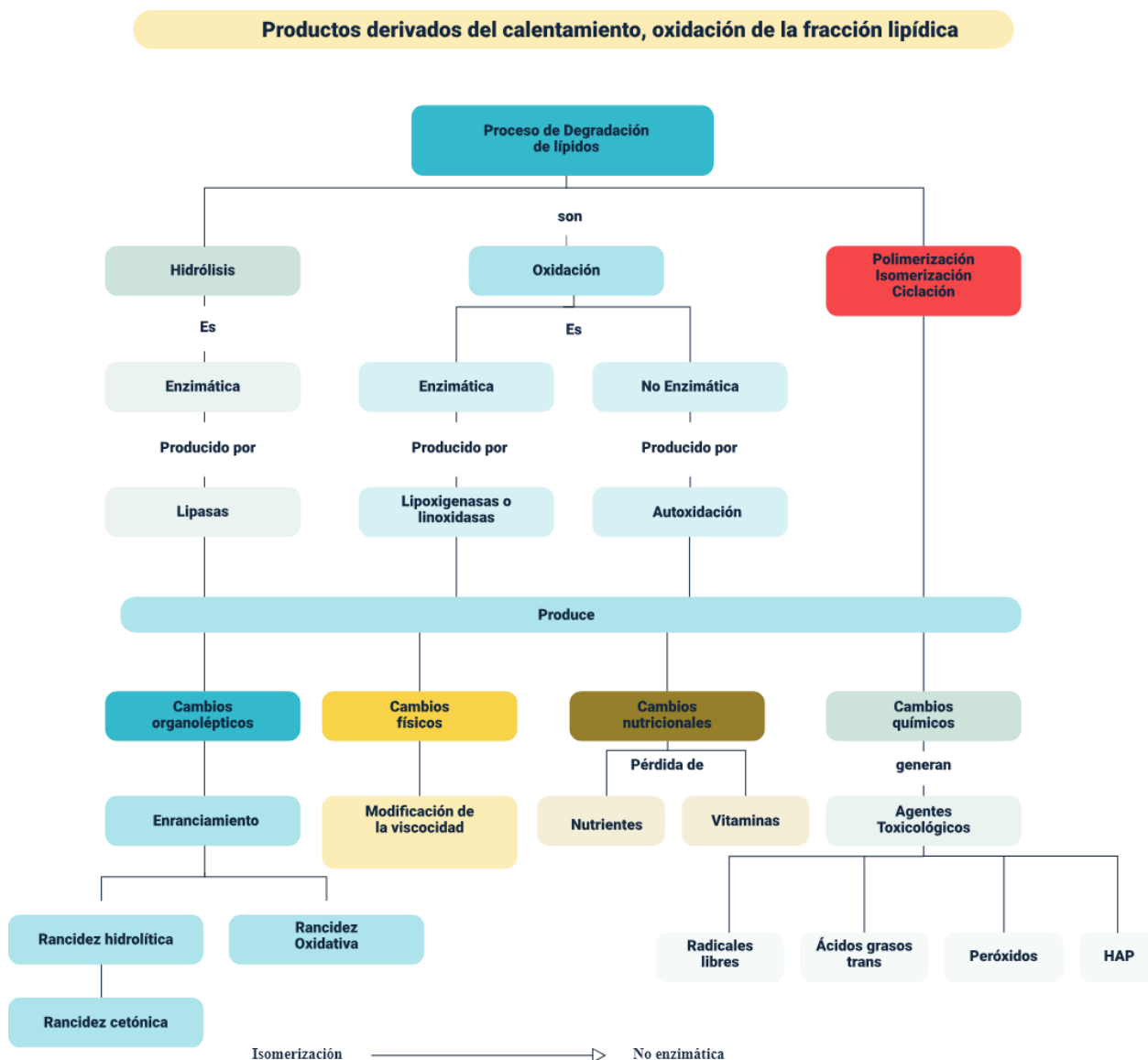
1. Tiramina.
2. Putrescina.
3. Cadaverina.

La histamina se detecta en vinos, quesos, embutidos y pescados, la sintomatología que esta causa es similar a una alergia digestiva y cutánea. La presencia de cantidades elevadas de histamina y otras aminas, puede indicar una mala práctica de elaboración, ya sea porque se han utilizado materias primas de baja calidad higiénica o porque se han dado contaminaciones microbianas a lo largo del proceso de elaboración o de distribución.

“El tratamiento térmico no altera la estructura de las aminas biógenas, ni el horneado ni la cocción a vapor tienen efectos apreciables en el nivel de histamina existente. La intoxicación por aminas biógenas se origina por la ingesta de alimentos que contienen altos niveles de estas aminas. Estos compuestos son muy importantes desde el punto de vista toxicológico, ya que pueden inferir toxicidad en el alimento incluso antes de ser considerados organolépticamente inaceptables, esta intoxicación puede presentar en el hombre una gran cantidad de síntomas: cutáneos, gastrointestinales, hemonidamicoa. La sensibilidad a la histamina varía de persona a persona”.

- (Escriche 2006).

Figura 3. Productos derivados del calentamiento y la oxidación de la fracción lipídica.



Fuente, Sena 2012

La imagen describe los productos derivados del calentamiento y la oxidación de la fracción lipídica a través de un diagrama de flujo del proceso de degradación de lípidos. Este proceso se divide en tres rutas principales: hidrólisis, oxidación y polimerización / isomerización / ciclación. En la hidrólisis, que puede ser enzimática, las lipasas actúan sobre los lípidos, lo que produce cambios organolépticos como el

enranciamiento, generando rancidez hidrolítica y cetónica. En la oxidación, que puede ser enzimática (mediada por lipoxigenasas o liooxidasas) o no enzimática (autooxidación), se generan cambios físicos como la modificación de la viscosidad, cambios nutricionales debido a la pérdida de nutrientes y vitaminas, y cambios químicos que introducen agentes toxicológicos. Estos agentes incluyen radicales libres, ácidos grasos trans, peróxidos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). La vía de polimerización, isomerización y ciclación también forma compuestos tóxicos. Este proceso global implica una transformación compleja que afecta la calidad y seguridad de los alimentos mediante cambios en sus características físicas, químicas y nutricionales.

Los tratamientos de hidrogenación consisten en la incorporación de hidrógeno al doble enlace de los ácidos grasos insaturados. Esto permite convertir los aceites en grasa plástica para elaborar margarinas y bollería industrial cuando se hace de forma parcial. Son grasas estables y tienen mejor color.

Además de saturar los dobles enlaces se isomerizan, es decir, se reorganiza la estructura de la membrana para dar lugar a ácidos grasos trans. Los trans se forman espontáneamente en las grasas y carnes de animales rumiantes (entre un 3 – 10 % de los AG son trans) y por tratamientos de hidrogenación y transesterificación. También se forman aplicando temperaturas elevadas (fritos, asados).

3.3. Toxicidad derivada de la conservación de los alimentos

En ocasiones es necesario efectuar una conservación de los alimentos con la finalidad de realizar una esterilización completa o retraso de la fecha de caducidad. No obstante, hay que tener en cuenta que estos procedimientos pueden tener implicaciones directas sobre la calidad organoléptica o incluso sobre el valor nutricional final del alimento. Con relación a los tratamientos térmicos, ya se ha comentado que

probablemente el inconveniente principal sea la generación de productos derivados de las reacciones de Maillard.

La conservación con productos químicos incluye, además de los pesticidas que serán tratados con posterioridad, los fumigantes, entre los que se encuentran el ácido cianhídrico, el bromuro de metilo, los óxidos de etileno y propileno, y el fósforo hidrogeno, presentando todos ellos una toxicidad importante.

Materiales que generan toxicidad en los alimentos

- Normalmente la madera puede presentar problemas de toxicidad en los procesos de elaboración de vino.
- El vidrio no tiene relación con los alimentos. Pero se debe controlar el contenido de plomo en vidrios porque las soluciones con los ácidos pueden solubilizarlos.
- En las cerámicas, se debe evitar la presencia de metales pesados como el plomo y cadmio, ya que estos pueden dejar una trazabilidad en los alimentos.
- Los metales como el acero inoxidable son muy usados en la industria alimentaria porque no dejan residuos al poseer una buena resistencia química.
- No es recomendable el calentamiento en exceso de materiales plásticos (monómeros o polímeros), ya que pueden formar monómeros que son tóxicos.

4. Hidrocarburos policlorados, dioxinas y furanos policlorobifenilos (PCBs)

Los bifenilos policlorados (PCBs) se caracterizan por poseer una gran estabilidad y liposolubilidad, lo que determina que puedan acumularse principalmente en el tejido adiposo. Son compuestos químicos y térmicamente estables a temperaturas inferiores a 850 °C y con excelentes propiedades dieléctricas.

Estos compuestos han sido utilizados como aceites de transformadores, aceites hidráulicos, lubricantes, pinturas y ceras, entre otros. Las vías de contaminación del ambiente son diversas, tales como la destrucción de aparatos de refrigeración, condensadores, transformadores eléctricos, que van acumulándose mayoritariamente en sedimentos de alcantarillado y en las fuentes de aguas estancadas.

Se han detectado niveles importantes en animales que viven junto a industrias donde se vierten estos contaminantes, entre ellos se encuentran las truchas, salmones, garzas, entre otras especies.

Los PCBs están clasificados como probables carcinógenos humanos, y producen una amplia gama de efectos adversos en los animales, como la toxicidad reproductiva, inmunotoxicidad y carcinogenicidad.

4.1. Dioxinas y Furanos

El origen antropogénico de las dioxinas y furanos se debe esencialmente a procesos donde hay combustión donde se genera reacción entre hidrocarburos aromáticos y clorados en presencia de oxígeno, y también en procesos químicos e industriales como en la fabricación de PVC y blanqueo de papel. También pueden proceder de productos de desecho como lodos de depuradora o lixiviados de vertederos. A diferencia de los PCBs, no se conoce aplicación alguna de las dioxinas ni

de furanos, apareciendo siempre como subproductos o impurezas en distintos procesos, entre ellos la obtención de plaguicidas organohalogenados. Los policlorodibenzodioxinas (PCDD) y policlorodibenzofuranos (PCDF) forman dos grupos de compuestos químicos que son, al igual que los PCBs, altamente persistentes en el medioambiente.

De dichos compuestos el más tóxico es el 2,3,7,7 - TCDD considerado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) como sustancia carcinogénica clase 1, es decir de toxicidad demostrada para el hombre. Está identificada como el compuesto más tóxico de los generados por el hombre, siendo la dosis letal DL50 en ratas de tan solo 0,25 mg / kg. Varios estudios han demostrado la capacidad de estos compuestos para producir además de cáncer, mutaciones y malformaciones en fetos de distintas especies animales. A pesar de ser conocida como cancerígeno humano no se considera que el cáncer sea el efecto crítico que se deba tener en cuenta para la fijación de la ingesta tolerable. Los efectos críticos son: cambios en el comportamiento neurológico, endometriosis e inmunosupresión.

El accidente que tuvo lugar en Severo (Italia) en 1976 en una fábrica de pesticidas dejó constancia de los efectos producidos por las dioxinas sobre la salud. Entre otras, cloracné (alteración dermatológica persistente similar al acné juvenil que aparece en cara, espalda, axilas, brazos y genitales), alteraciones hepáticas, alteraciones en el comportamiento y aprendizaje, disfunciones en el sistema inmunitario y hormonal. Hoy en día, casi medio siglo después, se siguen investigando y descubriendo nuevas afecciones sobre la población que estuvo expuesta.

Las personas se ven expuestas, principalmente a través de los alimentos (> 90 %) siendo los alimentos de origen animal los que contribuyen mayoritariamente: los

animales están expuestos a las dioxinas a través de la contaminación ambiental. Una vez en el organismo del animal, las dioxinas son acumuladas preferentemente en el hígado y el tejido adiposo, siendo la metabolización y la excreción muy lenta, lo cual permite su bioacumulación.

5. Metales pesados

Una gran cantidad de metales pesados procedentes de emisiones industriales, normalmente a bajas concentraciones, pueden originar efectos tóxicos a gran escala. Es frecuente la acumulación de metal en el organismo, por lo que aun cuando se trata de ingestas muy bajas, se pueden originar efectos tóxicos a largo plazo. La biodisponibilidad del metal depende de diversos factores, entre ellos las interacciones con otros componentes de la dieta, incluidos los propios metales, condiciones fisicoquímicas del medio intestinal, situación fisiológica o patológica del individuo, entre otras.

Existen algunos metales que aun cuando su concentración pueda ser relativamente baja, la probabilidad de que generen problemas desde el punto de vista toxicológico es considerable, entre ellos se destacan: El plomo (Pb), el arsénico (As), el mercurio (Hg) y el cadmio (Cd).

Generalmente, los metales pesados se acumulan en el suelo, logrando ser ingeridos por determinados animales. Sin embargo, algunos de estos elementos son constituyentes esenciales tanto en humanos como en animales, y sus posibles deficiencias pueden causar problemas, por lo cual en ciertas ocasiones es necesario recurrir a suplementos dietéticos. Pero, por otra parte, algunos pueden causar problemas cuando se encuentran en exceso.

Los niveles de toxicidad de los metales pesados, dependen no sólo de la especie animal sino de la presencia de otros constituyentes. La acción tóxica se lleva a cabo a través de la combinación de los metales con los grupos sulfhídricos o tiólicos de las proteínas y, más concretamente, de las enzimas. La toxicidad potencial de un metal aumenta con el grado de oxidación; depende del tipo de combinación química que se establece entre el metal y el componente del alimento que lo vehiculiza o bien del organismo una vez absorbido.

Plomo (Pb)

- **Tuberías de agua**

Trasmiten plomo al agua de bebida. Actualmente está prohibido su uso, y todas las de este material deben ser cambiadas por PVC.

- **Contaminación ambiental**

Procedente del uso de vehículos a motor los cuales emplean el tetraetilato de plomo como antidetonante en la gasolina.

- **Envases alimentarios**

Elaborados con material que contiene plomo como piezas cerámicas vidriada con sales de plomo o latas de hojalata donde se emplea soldadura blanca con una aleación de plomo y antimonio.

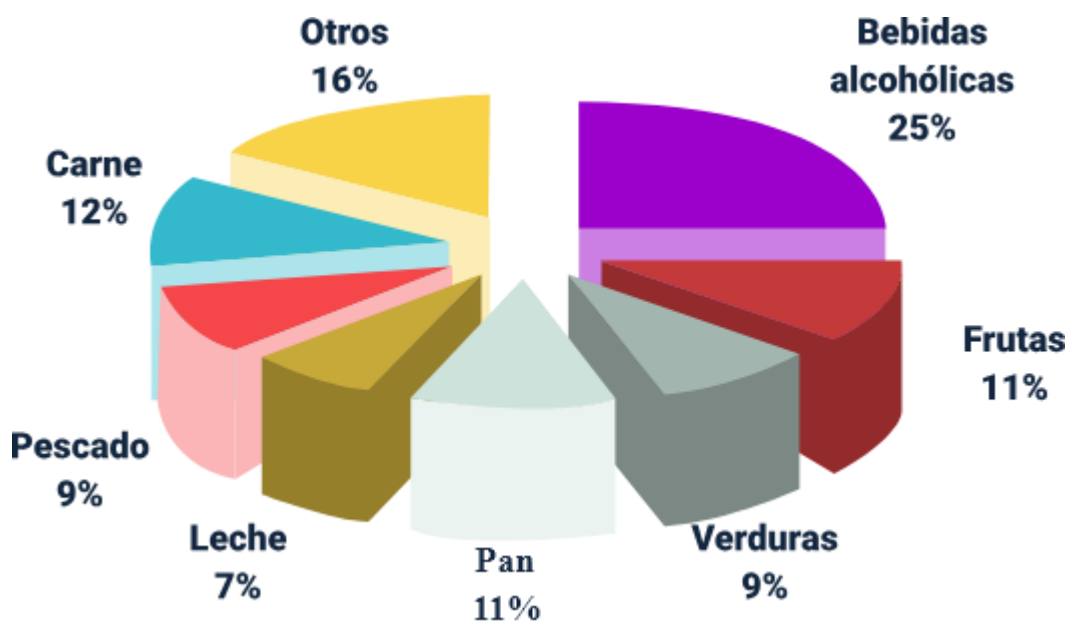
- **Vino**

Puede contener plomo por estar los viñedos en zonas muy cercanas a carreteras de gran densidad de tráfico o tratados con insecticidas que contienen arseniato de plomo o bien, proceder de las láminas que cubren en ocasiones los tapones de las botellas, a donde puede llegar el vino a través del corcho cuando este se seca y se retrae, sobre todo en botellas

que han sido almacenadas horizontalmente. Por ello se están usando cada vez más tapones de plástico.

Existen muchos alimentos que pueden aportar plomo en la dieta como se presenta en la figura 4. La media de plomo en los alimentos se estima entre 0,05 - 0,2 $\mu\text{g} / \text{g}$ y en agua de 10-20 $\mu\text{g} / \text{L}$. El comité de expertos de la FAO / OMS recomendó que la ingesta semanal por persona no excediera de 25 $\mu\text{g} / \text{Kg}$ de peso, y para el agua de bebida se ha establecido como valor de referencia 0,05 $\mu\text{g} / \text{L}$.

Figura 4. Aporte de plomo en alimentos.



Fuente: SENA (2012)

Los efectos tóxicos del plomo, son posibles no sólo por su amplia presencia ambiental, sino también en gran parte por su fácil solubilidad ya que se disuelven en ácidos débiles como el ácido carbónico y en otros ácidos orgánicos muy presentes en los alimentos como el ácido cítrico, málico, tartárico, ácidos grasos, entre otros.

Mercurio (Hg)

El mercurio en estado natural no es tóxico, pero sí lo son las diversas formas que puede adoptar naturalmente o como consecuencia de procesos industriales o de transformación.

Es uno de los metales que mayor número de intoxicaciones, de origen alimentario, ha ocasionado a lo largo de los años. El mercurio se absorbe casi completamente por vía pulmonar. Las sales de mercurio causan problemas de tipo cutáneo y en las mucosas.

La forma más tóxica de este metal es el metil mercurio, el cual se disuelve con facilidad en la grasa y pasa la barrera hematoencefálica y la placenta. Tiene potencial mutágeno y teratógeno. Por ello las mujeres en edad fértil, embarazadas o en periodo de lactancia y los niños son los grupos más vulnerables. La FAO / OMS (2003) ha establecido la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI) para el MeHg en $1,6 \mu\text{g} / \text{kg}$ peso corporal.

Entre las principales fuentes de contaminación por mercurio se encuentran la fabricación de termómetros, barómetros, baterías o pilas que contienen mercurio, en el tratamiento antifúngico de las semillas y en clínicas dentales con el uso de amalgamas.

El mercurio como consecuencia de los vertidos industriales, llega a las aguas continentales y marinas. Allí sufre un proceso de metilación biológica, dando productos como monometil y dimetil mercurio, que son captados por el plancton que sirve de alimento a los peces. Por esta razón, la primordial fuente de contaminación de mercurio en la alimentación son el pescado y los mariscos; los mayores contenidos se

encuentran en los peces predadores. La principal fuente de contaminación de los alimentos, más del 90 %, corresponde al mercurio orgánico.

Una de las mayores preocupaciones de la toxicología alimentaria es el posible efecto derivado de la exposición a bajo nivel del mercurio. Por esta razón en diferentes países se establecen valores límites del contenido de mercurio en los alimentos, y más a los productos de pesca. De acuerdo con el comité de expertos de la FAO / OMS se establece un nivel de ingestión semanal tolerable provisional de 0,3 mg de mercurio total por persona, de los cuales, como máximo no debe superar los 0,2 mg en forma de metil mercurio.

Las características químicas del metilo mercurio, y en especial su liposolubilidad, permiten un movimiento fácil a través de las membranas biológicas, esencialmente de la digestiva, hematoencefálica y placentaria, siendo sus principales órganos diana, el hígado, el sistema nervioso y el riñón.

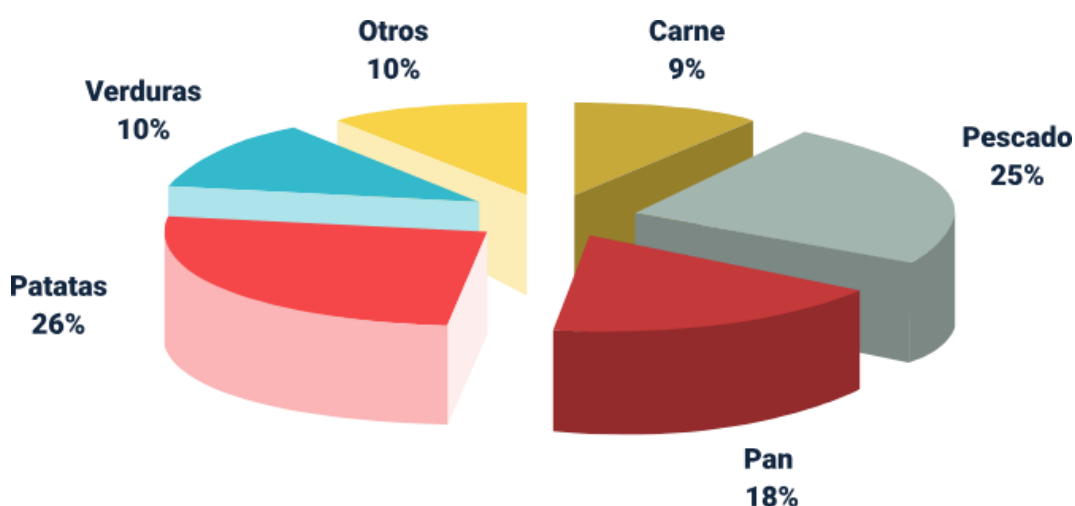
Cadmio (Cd)

Este elemento es utilizado principalmente como pigmento en la elaboración de pinturas, así como en el proceso de electrólisis para el recubrimiento de metales con cadmio. El cadmio se transfiere fácilmente del suelo a los vegetales y por ello es frecuente encontrarlo como impureza en vegetales cultivados en suelos fertilizados con importantes cantidades de fosfato.

El cadmio es acumulable, por lo cual es importante la ingesta crónica aun cuando sean cantidades mínimas, particularmente en el riñón, el cual es el órgano diana por excelencia, además de acumularse también en el hígado, páncreas y pulmón. La reserva más significativa de este contaminante reside en el barro del fondo de los ríos y los

mares. El comité mixto de expertos de la FAO / OMS estableció como ingesta semanal tolerable provisional entre 400 - 500 μg / persona. La carne, pescado, frutas, verduras y cereales lo contienen como se presenta en la siguiente figura:

Figura 5. Aporte de cadmio a partir de los alimentos.



Fuente: SENA (2012)

Arsénico (As)

El arsénico está considerablemente distribuido en la naturaleza y está presente en el medio ambiente y en los seres vivos. Se puede encontrar en distintas formas químicas y estados de oxidación, lo que determina su toxicidad. Las principales fuentes de exposición al arsénico son la laboral, la alimentaria y la medicamentosa.

El arsénico no es un elemento esencial para el ser humano, claro que en animales de experimentación se ha comprobado que su carencia produce retraso del crecimiento, destrucción de eritrocitos, alteración del bazo con acumulación de hierro,

pérdida de pelo, entre otras. Además, es un tóxico importante debido a su capacidad de acumularse en la cadena trófica, lo que implica un modelo potencial para la salud y los animales. La exposición aguda a altas dosis tiene efectos letales sobre los organismos y la exposición crónica a bajas dosis está asociada con problemas mutagénicos y carcinogénicos.

El nivel existente de arsénico en los alimentos es normalmente reducido, siendo el pescado que se halla en contacto con aguas donde se vierten residuos, el que más contribuye al aporte alimentario del metal. En ciertos animales marinos, especialmente en mariscos, el arsénico tiende a concentrarse en forma de arsenobetaina.

Otro alimento donde puede encontrarse es en las carnes. El comité de expertos de la FAO / OMS estimó como ingesta máxima diaria provisional para arsénico inorgánico el valor de 0,002 mg / kg de peso corporal.

Los compuestos del arsénico presentes en las fuentes marinas son formas inorgánicas metiladas que son menos tóxicas que las de tipo inorgánico. La absorción por vía oral representa un 95 %.

Selenio (Se)

De entre los diversos elementos nutricionales y esenciales, el selenio es el que provoca mayores efectos tóxicos. Se distribuye, al igual que ocurre con el arsénico, de una manera muy amplia, aunque hay zonas geográficas donde los suelos contienen mayor cantidad, y por tanto las plantas y los animales que lo captan están expuestos a un mayor riesgo toxicológico. Los cereales son capaces de captar el metal con mucha más avidez que los vegetales, lo que puede tener una gran importancia desde el punto de vista alimentario dado el consumo que se realiza de los mismos. En humanos, los

efectos varían desde lesiones de tipo dérmico y gastrointestinal, a hepáticas y neurológicas.

Cobre (Cu)

Las sales de cobre, en particular el sulfato de cobre, son utilizadas como pesticidas (en los viñedos). A nivel industrial, el cobre también forma parte de una gran variedad de aleaciones con otros metales y es muy empleado en la industria eléctrica. Los peces son la especie más sensible y los mariscos son especialmente sensibles a la captación y acumulación de cobre, en especial las ostras.

Tabla 1. Toxicidad de los metales pesados.

Contaminante / tóxico	Nivel de seguridad toxicológico de referencia FAO / OMS	Posibles alimentos contaminados
As (inorgánico)	15 µg / kg peso corporal / semana.	Pan y cereales. Pescados y mariscos.
Cd	2,5 µg / kg peso corporal/semana.	Pan y cereales. Legumbres. Carne y derivados.
Hg	5 µg / kg peso corporal/semana.	Peces y mariscos.
Metil mercurio	1,6 µg / kg peso corporal/semana.	Peces y mariscos.
Pb	25 µg / kg peso corporal/semana.	Carne y derivados. Pan y cereales. Peces y mariscos. Leche. Frutas.
Cu	3,5 mg / kg peso corporal / semana.	Mariscos (ostras).

Fuente: SENA (2012)

6. Radionúclidos

Los radionúclidos son elementos radiactivos que se pueden derivar de dos formas:

A partir de los residuos radioactivos o radioemisores que proceden de las centrales nucleares por fugas radioactivas y contaminan los alimentos.

Por las fuentes de radioactividad de técnicas de conservación de alimentos. En este caso, se utilizan radiaciones electromagnéticas producidas por Co 60 y Cs 137, por lo que el producto resultante no tiene radioactividad. La mención de radiactividad es obligatoria en el etiquetado del alimento. (No hay que confundir este proceso con la irradiación).

Entre los radioelementos de interés se encuentran el rutenio, el yodo y el cesio.

Los radionúclidos se incorporan a los vegetales directamente por deposición y riego o indirectamente a través del sol; a los animales mediante la dieta y el agua. Aunque estos se encuentran en los alimentos a niveles muy bajos se deben considerar por sus efectos toxicológicos. Son cancerígenos, mutagénicos y teratógenos, tienen afinidad especial por órganos o tejidos y son acumulables, no tienen mecanismos de detoxificación, algunos tienen tiempos de vida media larga y esto hace que los efectos persistan a lo largo de la vida de las personas.

Cuando un ser vivo recibe una dosis de radiación, sus efectos biológicos dependerán de la dosis radioactiva, la naturaleza y tiempo de la radiación, y el mismo estado del organismo. Accidentes como el de Chernóbil, el recientemente de la central nuclear en Japón y el uso de armas atómicas (aunque únicamente sea como ensayo)

contribuyen poderosamente a aumentar la presencia de radionúclidos en el medio ambiente.

7. Residuos de producción agrícola y ganadera

Los plaguicidas son sustancias muy utilizadas en el mundo entero para el control de diferentes agentes, entre los que se encuentran: insectos, artrópodos, animales transmisores de enfermedades y hongos. En especies vegetales se usan para el control de insectos y malezas, y en la ganadería para controlar los parásitos; también se utilizan para eliminar roedores y mosquitos.

Estas sustancias en la actualidad son utilizadas tanto de forma industrial como en los hogares.

Los plaguicidas se pueden clasificar por el uso que se les da, su estructura química o su toxicidad. Están elaborados para cumplir diferentes funciones, las cuales varían según el grupo químico sobre el cual se desarrolla su estructura. Dentro de los principales tipos se destacan los inorgánicos, plaguicidas vegetales, organosintéticos y sintéticos, y organismos vivos. Entre los orgánicos de síntesis, a la cual pertenece la mayoría de los plaguicidas usados en la actualidad, se encuentran los organofosforados, los organoclorados, los carbamatos y las piretrinas y peritroides.

Los organoclorados son muy persistentes en el ambiente (agua y suelo) y tienen alta liposolubilidad, lo cual condiciona su almacenamiento en el tejido graso de los animales. Estos compuestos en la actualidad se usan muy poco, pero de estos, los más utilizados son los organofosforados, carbamatos y piretrinas sintéticas, ya que, debido a su menor persistencia en el medio ambiente, son potencialmente menos peligrosas

para el consumidor, quedando ya atribuido su efecto tóxico a la manipulación por el fabricante, distribuidor y agricultor.

Tabla 2. Clasificación de los plaguicidas según su funcionalidad y estructura química

Funcionalidad	Estructura química
Insecticidas	Organoclorados
Fungicidas	Organofosforados
Herbicidas	Carbamatos
Acaricidas	Piretroides
Moluscosidas	Bromatos
Rodenticidas	Fenoxiacéticos
Algicidas	Bipiridilos
Biocidas	Triazinicos
Nematocidas	Fosfaminas
Ovocidas	Fenoles halogenados

Fuente: SENA (2012)

“Al considerar el término plaguicida también se incluyen otros compuestos con finalidades diferentes a la liquidación de organismos como sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de la fruta, agentes para evitar la caída prematura de la fruta y sustancias aplicadas a los cultivos antes y después de la cosecha, para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte.”

- (FAO 1990).

Desde el año 1945, los plaguicidas se han multiplicado por 45, pero debido a los nuevos controles de los últimos 15 años se ha tenido un mayor control para reducir su uso. El Codex Alimentarius, establecido por la FAO y la OMS en 2005, define los Límites Máximos de Residuos (LMR) para los principales plaguicidas permitidos en distintos cultivos. Estos límites establecen el nivel de seguridad toxicológica de cada plaguicida, garantizando que su uso en la agricultura no represente un riesgo para la salud humana. Según la OMS cada año hay 250.000 muertos debido a los plaguicidas. La mayoría de los países han establecido un LMR, pero el desconocimiento de efectos sinérgicos y antagónicos entre los diferentes plaguicidas y la exposición real a través de la dieta los convierte en muy peligrosos.

Dependiendo de su grado de peligrosidad los plaguicidas se pueden clasificar en: extremadamente, altamente, medianamente y ligeramente tóxicos si son de baja o alta peligrosidad. De acuerdo con su dosis letal 50 (DL50) se pueden clasificar en diferentes categorías toxicológicas como se aprecia a continuación:

Tabla 3. Categoría toxicológica de los plaguicidas

Color etiqueta	Categoría toxicológica	Equivalencia clasificación OMS	DI50 Oral en mg / kg	Característica
Rojo	I	IA	< 50	Extremadamente tóxico.
Amarillo	II	IB	50 a 500	Altamente tóxico.
Azul	III	II	500 a 5000	Medianamente tóxico.
Azul	IV	III	< 5000	Ligeramente tóxico.
Color etiqueta	Categoría toxicológica	Equivalencia clasificación OMS	DI50 Oral en mg / kg	Característica

Fuente: Decreto 1843/1991, Ministerio de Salud de Colombia.

El Ministerio de Salud, de acuerdo con el decreto 1843 de 1991, expide el concepto toxicológico (el cual consiste en una serie de pruebas de toxicidad aguda, subaguda y crónica en mamíferos, que generalmente realizan las casas comerciales en sus países de origen) para los productos formulados que se apliquen en el país y los permisos de experimentación bajo protocolos específicos. Este decreto busca mantener una dinámica de integración entre los Ministerios de Agricultura, a través del ICA y el Ministerio de Salud, la industria y usuarios, para el estudio y planeamiento de soluciones a la situación de los plaguicidas en Colombia.

Los plaguicidas son agentes tóxicos para los organismos vivos, incluyendo la especie humana. Son capaces de producir una respuesta tóxica aguda, normalmente secundaria a una intoxicación de tipo accidental (manipulación inadecuada, confusión de envases, entre otras) o suicida. No obstante, en toxicología alimentaria este tipo de

respuesta suele ser relativamente excepcional ya que suelen ser residuos que permanecen en el alimento y que potencialmente pueden originar una intoxicación crónica.

El riesgo de contaminación por plaguicidas en alimentos deriva de características como aplicación inapropiada de pesticidas permitidos, bien en cantidad excesiva o en momentos más cercanos a la cosecha; contaminación ambiental por una distribución accidental secundaria a una fumigación en zonas adyacentes o bien por la existencia de fábricas próximas, incumplimiento del tiempo de suspensión o retirada.

7.1. Organofosforados

Estos compuestos son ésteres del ácido fosfórico y de sus derivados, los cuales son potentes inhibidores de la acetilcolinesterasa y producen un bloqueo irreversible de esta enzima. Al inhibir esta enzima la cual es la encargada de degradar la acetilcolina, se produce un cúmulo de acetilcolina originándose grandes perturbaciones en la neurotransmisión.

Son muy utilizados como insumos agrícolas, como plaguicidas en los hogares y para el control de agentes transmisores de enfermedades epidémicas. Son fácilmente hidrolizados, tienen escasa permanencia en el medio ambiente y escaso potencial de acumulación. Tienen efectos sobre los insectos, pero ninguna actividad sobre plantas. Muchos de ellos son altamente tóxicos para los humanos y especies no objetivas.

Los compuestos más conocidos son el malatión, diclorvós, metamidofós, clorpirifós, diazinón, esradán, fentión, demetón. De los nombres comerciales se encuentran: FOLIDOL® (metilparathion), ABATE® (tenefos), PARATHION 50® (parathion), NUVAN® (diclorvos), BAYGON® (propoxur).

7.2. Organoclorados

Son compuestos que se caracterizan por tener moléculas orgánicas de cloro en su estructura química. Son los más persistentes dentro de los plaguicidas, muy estables en los diferentes ecosistemas, son bioacumulables y no son biodegradables.

Actúan inhibiendo la fosforilación oxidativa y, especialmente, las ATPasas de membrana, lo que origina una alteración en el transporte iónico a través de esta. En general son hepatonefrotóxicos (hepatitis y lesiones en el túbulo proximal) y algunos de ellos son cancerígenos, como por ejemplo el clordane, capaz de inducir una anemia aplásica.

Entra al organismo por todas las vías (oral, dérmica e inhalatoria), debido a su gran liposolubilidad se absorben con facilidad por la piel. Cuando son absorbidos se desplazan en todos los tejidos, almacenándose la mayor parte en el tejido graso, por lo cual se eliminan lentamente por orina después de que sufren varios procesos metabólicos a nivel hepático. Producen graves efectos neurotóxicos en el ser humano.

Los compuestos más representativos del grupo es el DDT el cual fue muy importante para controlar la malaria. Otros son: aldrín, dieldrín, lindano, heptacloro, clordano, toxafeno, endosulfán.

Actualmente, se restringe el uso de los organoclorados por su efecto nocivo sobre el medio ambiente, por su elevada persistencia y alto potencial de bioacumulación en la cadena alimentaria.

7.3. Carbamatos

Son compuestos derivados del ácido carbámico. En general son plaguicidas no bioacumulables, poco persistentes en el ambiente y de mediana toxicidad para los humanos, que desaparecen rápidamente por hidrólisis y fotodegradación.

8. Residuos de productos farmacológicos

Se define como sustancias que permanecen en productos alimenticios a partir de animales tratados farmacológicamente.

1. **Terapéuticos:** especialmente cuando el animal es tratado antes del sacrificio.
2. **Profiláctico o preventivo:** con lo cual no debe haber residuos en el animal, ya que se trata de dosis subterapéuticas.
3. **Promoción del crecimiento:** con el fin de aumentar la ganancia de peso / día.

En general las concentraciones que suelen encontrarse en las diversas muestras (orina, heces, leche, huevos, despojos), serán muy bajas o incluso nulas siempre que se hayan empleado las dosis terapéuticas, igualmente dependerá del tipo de medicamentos veterinarios a emplear, si su utilización es limitada el riesgo disminuye de forma notable, mientras que cuando se hace un uso notable a gran escala, el riesgo aumenta. Sin embargo, el problema esencial radica en la estimación del riesgo, ya que la sintomatología en la especie humana a altas dosis no es de ninguna forma extrapolable a las que pueden aparecer derivadas de pequeñas dosis existentes en los alimentos.

En los datos que apuntan hacia un peligro limitado en el caso de residuos en medicamentos se tiene:

8.1. Antibióticos

Son sustancias ampliamente utilizadas en medicina veterinaria para la profilaxis y tratamiento de enfermedades infecciosas. Entre los grupos más importantes se encuentran los aminoglucósidos, beta-lactámicos, macrólidospéptidos, sulfonamidas, tetraciclinas, cloranfenicol, entre otras. Se pueden usar o como antibacterianos o bien como promotores del crecimiento.

Los peligros derivados del uso como antibacterianos son poco probables debido a que se emplean normalmente a dosis bajas. Pero se pueden derivar efectos alérgicos, sobre todo por el uso de penicilinas y tetraciclinas en aquellos casos en que exista una sensibilización previa. Sin duda alguna, en el caso de las penicilinas el riesgo mayor deriva de la posibilidad que se desencadenen reacciones anafilácticas agudas que, aunque su incidencia es extremadamente baja, conllevan una extraordinaria gravedad.

El mecanismo de acción de los antibióticos que actúan como promotores del crecimiento lo hacen en dos vías: por una parte, son modificadores de la digestión del rumen, originando una disminución de la producción de ácido butírico, acético y de metano. Además, de un aumento de la producción de ácido propiónico, lo que determina una mayor disponibilidad energética y un aumento en la síntesis de glucosa por el hígado. Por otra parte, son ionóforos, es decir que condicionan un aumento en la presión osmótica con la posterior entrada de agua en la célula bacteriana, lo que determina una alteración en la estructura celular, destruyendo la pared intestinal y limitando la absorción de nutrientes.

Es posible que bajas dosis de antibióticos procedentes de residuos de alimentos, puedan alterar la bioresistencia en la flora natural humana como consecuencia de mutaciones espontáneas. Por otra parte, el antibiótico selecciona los organismos portadores de plásmidos que aportan la resistencia frente a él siendo susceptibles de transferir su antibiorresistencia a gérmenes patógenos para el hombre.

8.2. Beta - antagonistas

También llamados anabolizantes no esteroideos. Son sustancias con estructura química y propiedades biológicas similares a las catecolaminas. Poseen un uso terapéutico como broncodilatadores en afecciones broncopulmonares y el broncoespasmo asociado a alergia e infección. Sin embargo, se han utilizado clandestinamente como promotores del crecimiento debido a su actividad repartidora, que aumenta la masa muscular (~ 15 %) disminuyendo el tejido graso (~ 18 %).

Tal parece que actúan reduciendo la descomposición de proteínas y estimulando la lipólisis. Así es posible obtener carnes magras con alto rendimiento, y con mayor eficiencia entre la relación crecimiento/dosis de pienso, pero el inconveniente es que son carnes más duras. Las dosis empleadas para conseguir estos efectos son bastante pequeñas, por lo que el riesgo derivado de residuos disminuye normalmente de forma notable. El más conocido de los betaantagonistas es el clenbuterol. Otros son el cimaterol, salbutamol, ractopamina y mabuterol.

Entre las contraindicaciones encontradas del uso del clenbuterol están cardiopatías e historias de arritmias, insuficiencia coronaria, hipertensión arterial, glaucoma, hipertiroidismo y diabetes.

8.3. Antitiroideos o tireostáticos

Son sustancias que rebajan el metabolismo basal por alteraciones de la síntesis, secreción o acción periférica de la hormona tiroides. Su uso se recomienda en los casos de hiperfunción tiroides, sin embargo, también se emplean de forma clandestina para aumentar la ganancia de peso en la deposición de grasa. Las consecuencias de su uso pueden derivarse en dos:

- Problemas sanitarios como el bocio, lo cual es prácticamente nulo ya que estas sustancias son fácilmente metabolizables y se degradan con el cocinado.
- Representan un fraude económico debido a la gran exudación de agua, lo que hace que la carne se encoja mucho al cocinarla y el sabor y textura son alterados. En general, estos compuestos pueden originar potencialmente efectos tóxicos a largo plazo.

8.4. Tranquilizadores

Estas sustancias que se utilizan para evitar que el animal se estrese al ser transportado y disminuye la calidad de la carne antes de ser sacrificado. Se emplean así fenotiaacinas, butirofenonas, benzodiazepinas, dibenzoxazepinas, entre otras, que suelen eliminarse de forma completa en un período que oscila entre uno y siete días.

8.5. Anabolizantes o promotores del crecimiento

Son sustancias que favorecen la síntesis proteica en la producción de carne. Tienen una eficacia a nivel zootécnico, las cuales aumentan la tasa de crecimiento entre 5 - 20 %. Se clasifican en anabolizantes naturales y de síntesis.

Entre los anabolizantes de origen natural están el 17 - β estradiol, progesterona y testosterona. Estas sustancias se sintetizan normalmente en los animales y en el hombre en las gónadas, la corteza suprarrenal y la placenta en las hembras gestantes. Se pueden encontrar estas hormonas regularmente en la alimentación, en cantidades superiores incluso a las que se encuentran en la carne de las terneras tratadas con anabolizantes.

Sin embargo, estas hormonas se metabolizan rápidamente en el hígado, lo que explica su mínima eficacia por vía oral.

El sexo de los animales afecta su tasa de crecimiento y constitución física. Así, en el macho el crecimiento suele ser más rápido y con un menor contenido de grasa; de ahí que cuando el animal es castrado se produce un engorde.

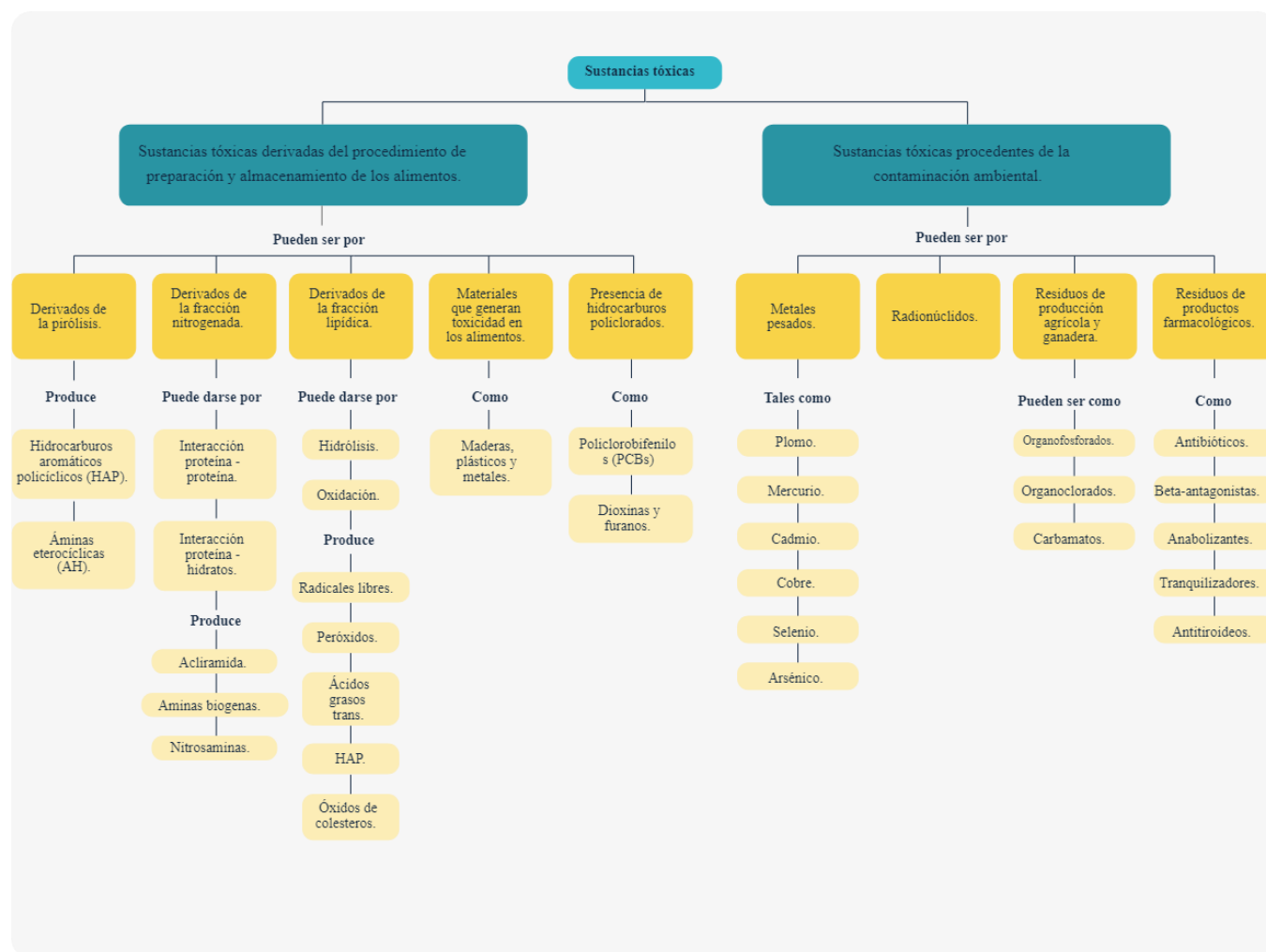
Entre los anabolizantes de síntesis o exógenos se encuentran los estilbenos tipo DES, acetato de trenbolona (TBA) y zeranol. Son muy activos por vía oral y tienen la mayor actividad anabolizante. La acción cancerígena de acuerdo a los antecedentes históricos del DES y estilbenos en general (desarrollo de adenocarcinoma vaginal en chicas procedentes de madres tratadas) ha determinado su prohibición como promotores del crecimiento. Parece ser que actúan como moléculas epigenéticas o promotoras, no obstante, la acción se manifiesta a dosis muy distantes de las existentes en los residuos.

Las dificultades de utilización derivan esencialmente de problemas de seguridad y de la eventual toxicidad de sus residuos en las carnes de los animales tratados. Los cuales pueden ser de dos tipos: efectos hormonales secundarios y efectos cancerígenos.

De todo lo anterior se puede decir que los riesgos derivados de la presencia de residuos de medicamentos en alimentos no representan un problema de toxicidad aguda, sino más bien efectos acumulativos a largo plazo, destacando los posibles efectos teratogénicos, mutágenos y cancerígenos. Sin embargo, otro aspecto a tener en cuenta serán las posibles consecuencias que se ejerzan sobre niños, ancianos o bien personas con deficiente estado de salud.

Síntesis

Las sustancias tóxicas pueden llegar a los alimentos de consumo humano de varias maneras, y dependiendo de su concentración pueden generar riesgo y daño en la salud de las personas, en el siguiente diagrama se pueden apreciar las diferentes fuentes de sustancias tóxicas según el proceso, actividad o lugar donde se encuentren:



Glosario

Alergia: síntomas o signos que aparecen en individuos sensibilizados, tras la exposición a una sustancia (alergeno) que produjo sensibilización en un contacto anterior, y que no origina trastornos en sujetos no sensibilizados. Las formas más comunes de alergias son rinitis, urticaria, asma y dermatitis de contacto.

Antibiótico: sustancia producida por, y obtenida de, ciertas células vivas (especialmente bacterias, levaduras y hongos), o sus equivalentes sintéticos que, a bajas concentraciones, son biostáticos o biocidas, para otras formas de vida, especialmente para organismos patógenos o nocivos.

Antídoto: sustancia capaz de contrarrestar o reducir el efecto de una sustancia potencialmente tóxica mediante una acción química relativamente específica.

Cáncer: denominación de las tumoraciones malignas. Los carcinomas se originan en las células epiteliales; los sarcomas en el tejido conjuntivo.

Palatabilidad: de paladar, referente al gusto.

Pirólisis: proceso químico causado por el calentamiento en ausencia de oxígeno, en el cual se descompone la materia orgánica de todo tipo de materiales, menos metales y vidrio.

Tolerancia: capacidad de un organismo para experimentar exposición a dosis nocivas de una sustancia sin sufrir efectos adversos.

Referencias bibliográficas

Cardona, F. (S/f). Actividad del agua en alimentos: concepto, medidas y aplicaciones.

Upv.es. Recuperado de:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/121948/Cardona%20-%20ACTIVIDAD%20DEL%20AGUA%20EN%20ALIMENTOS%3A%20CONCEPTO%2C%20MEDIDA%20Y%20APLICACIONES.pdf?sequence=1>

Derache, R. (1990). Toxicología y seguridad de los alimentos. Barcelona: Omega.

Escriche. (2006). Aminas biogenas. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Escriche. (2006). Gestión del Autocontrol en la industria agroalimentaria. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Lindner, E. (1995). Toxicología de los alimentos 2a edición. Zaragoza, España: Acribia.

Revista Scielo. (2010). Cómo reducir las acrilamidas en alimentos a preparar. s.f.

Créditos

Nombre	Cargo	Centro de Formación y Regional
Milady Tatiana Villamil Castellanos	Responsable del ecosistema	Dirección General
Claudia Johana Gómez	Responsable de línea de producción	Centro Agroturístico - Regional Santander
Diana Cristina Muñoz Urrea	Gestor de curso	Centro de Industria y Servicios del Meta - Regional Meta
Angela Patricia Frasser Castaño	Asesora pedagógica	Línea de Producción Tolima
Jesús Bernardo Novoa Ortiz	Guionista	Línea de Producción Tolima
Claudia Rocio Varon Buitrago	Senior línea de producción	Línea de Producción Tolima
Carolina Jiménez Suescún	Evaluable instruccional	Centro Agroturístico - Regional Santander
Yazmin Rocio Figueroa Pacheco	Diseñador de contenidos digitales	Centro Agroturístico - Regional Santander
Leonardo Castellanos Rodriguez	Desarrollador full stack	Centro Agroturístico - Regional Santander
María Alejandra Vera Briceño	Animador y producción audiovisual	Centro Agroturístico - Regional Santander
Laura Paola Gelvez Manosalva	Validadora de recursos educativos digitales	Centro Agroturístico - Regional Santander
Erika Fernanda Mejía Pinzón	Evaluable para contenidos inclusivos y accesibles	Centro Agroturístico - Regional Santander