

CAPÍTULO 2



TOXICOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

CAPÍTULO 2

TOXICOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

- 2.1 Introducción
- 2.2 Nociones sobre Toxicología
- 2.3 Factores implicados en la intoxicación
- 2.4 Relación dosis respuesta
- 2.5 Índices toxicológicos
- 2.6 Factor de Seguridad
- 2.7 Ingesta o Dosis Diaria Tolerable
- 2.8 Principales tipos de sustancias con potencialidad tóxica encontradas en los alimentos de forma natural
- 2.9 Desarrollo en la disponibilidad de los alimentos
- 2.10 Xenobióticos y sustancias con potencialidad tóxica
- 2.11 Origen e identidad de las sustancias con potencialidad tóxica encontrada en los alimentos
- 2.12 Tóxicos presentes en la miel de abejas



Capítulo 2

TOXICOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Objetivo:



El estudiante aprenderá los conceptos y las características relacionadas con la Ciencia de la Toxicología, disciplina que se encarga de estudiar todas aquellas sustancias tóxicas presentes en los alimentos que se pueden encontrar tanto de forma natural, como de forma accidental o intencional produciendo intoxicaciones en las personas, muchas de las cuales pueden terminar con su vida. En otras palabras, es la ciencia que estudia los venenos presentes en los alimentos.



Al finalizar este capítulo, el participante tendrá suficiente criterio y conocimientos sobre la Toxicología de los Alimentos que lo familiarizarán con la confianza que debe mantener en su alimentación para evitar condiciones inadecuadas en relación a la Seguridad Alimentaria.



2.1 Introducción

Las sustancias nocivas alcanzan a las plantas a través del suelo y las aguas residuales y se transmiten a los animales mediante el consumo de los mismos. También pueden llegar a los alimentos algunos residuos de aquellas sustancias que han estado en contacto o se han añadido a las plantas y a los animales para optimizar la producción agrícola y ganadera.

La protección del consumidor ante la presencia de sustancias dañinas para la salud en los alimentos ha sido siempre uno de los objetivos básicos de la legislación alimentaria, es decir, alcanzar la Seguridad Alimentaria en todos los países del Mundo; esta respuesta está presente desde la década de los años sesenta (S. XX) en que se creó la Comisión del Codex Alimentarius con el apoyo de la FAO y la OMS. Actualmente, estas instituciones trabajan en aras de conseguir la seguridad en los alimentos para todos los habitantes del Planeta.

Sin embargo, en relación a la reglamentación legal para ciertas sustancias tóxicas, por ejemplo, pesticidas, contaminantes minerales e hidrocarburos clorados surgió una dificultad; si bien resultaba deseable la ausencia de dichas sustancias en todos los alimentos, pronto se comprobó que no podía establecerse un grado

de “tolerancia cero” por parte de la ley, debido a que con métodos lo suficientemente sensibles, se pueden identificar prácticamente todas las sustancias en todas partes.

El resultado de estas consideraciones se manifestó en la determinación de las cantidades máximas todavía tolerables de este tipo de residuos en alimentos. Por lo general, estas cantidades se encuentran en concentraciones de ppm (ppm = partes por millón, que corresponde a mg de sustancia por kg de alimento). Hasta el momento no se han podido establecer cantidades máximas legales para algunos de los casos particulares. Esto es así especialmente para los contaminantes minerales, que en ciertos casos pueden ser esenciales desde el punto de vista fisiológico.

En vista que la selección de las materias primas de origen vegetal y animal para la alimentación se hace en función del contenido nutricional que tengan los alimentos, de su sabor y de su inocuidad y dado el hecho de que la mayoría de los alimentos contienen ciertas sustancias tóxicas que se han sintetizado o se han absorbido, se hace indispensable y necesario que para evitar daños en la salud, es indispensable disponer de ciertos procesos especiales en la preparación de los platillos.



2.2 Nociones sobre Toxicología

Paracelso en el Siglo XVI formuló muchas ideas que revolucionaron y permanecen como parte integral de la presente estructura de la Toxicología, algunos científicos lo consideran como el padre de la Toxicología. Como ejemplo diremos que Paracelso promocionó el término “toxicon” o agente tóxico, como una entidad química y promulgó el siguiente enunciado que permanece como máxima en la Toxicología:

**“¿Qué no es veneno? Todo es veneno y nada más que veneno.
Solamente la dosis hace que algo no sea veneno”**

La Toxicología moderna incluye prevenir las intoxicaciones con el uso de los datos toxicológicos disponibles y así establecer un control regulatorio de aquellas sustancias peligrosas. La Toxicología es la ciencia que estudia los venenos; sin embargo, una definición un poco más explícita de esta disciplina es: “La ciencia que estudia las sustancias químicas y los agentes físicos capaces de producir alteraciones patológicas a los organismos vivos, a su vez, de descifrar los mecanismos que producen tales alteraciones y los medios para contrarrestarlas” .



2.3 Factores implicados en la intoxicación

La acción de un agente tóxico sobre un organismo vivo denominado como intoxicación es un proceso relativamente complejo, en el cual están involucrados muchos factores. Se encuentran por lo menos cinco factores que están íntimamente ligados al fenómeno de la intoxicación, los cuales se describen a continuación.

 **Carácter tóxico del agente xenobiótico.** Un agente que produce una intoxicación puede ser químico o físico; en Toxicología de Alimentos se refiere solamente a sustancias químicas. Un término muy usado para

definir cualquier sustancia extraña al organismo en cuestión es la de "agente xenobiótico".

Posteriormente se definirá el término muy usado en Toxicología de dosis letal media (DL50), por el momento se resalta que a medida que dicho valor sea más pequeño, indica que es una sustancia más tóxica con referencia a otra que tenga un valor mayor. La DL50 se expresa como la dosis administrada en términos de mg del agente xenobiótico por Kg de peso corporal del organismo de prueba.

 **Sistema Biológico.** Sobre este sistema actúa el agente tóxico y es de suma importancia, ya que el efecto variará de acuerdo al organismo que sea. Dicho factor debe ser tomado en cuenta, ya que es bien conocido que entre las distintas especies de animales y el hombre hay una gran variabilidad en la sensibilidad hacia los agentes tóxicos.

El conocimiento del origen, desarrollo y curso de una intoxicación en un animal particular debe ser establecido y extrapolarlo al hombre con bases científicas. Entre los factores más importantes que contribuyen a la diferente sensibilidad entre las especies animales se tiene lo siguiente:



a. Grado de diferenciación o complejidad del Sistema Nervioso Central.

b. Nivel de evolución de los mecanismos reguladores de las funciones corporales como son temperatura, respiración, entre otros.

c. Estructuración y diferenciación del Sistema Digestivo y Respiratorio.

d. Característica y diferenciación de la piel.

Además de presentar diferente respuesta a un mismo tóxico las distintas especies (variación interespecie), se tiene que bajo las mismas condiciones ambientales, se puede presentar una sensibilidad diferente dentro de la misma especie (variación intraespecie), la cual está influenciada por lo general, por dos parámetros importantes como son la edad y el sexo.

En relación a la edad, se ha observado que en el nacimiento de los mamíferos hay un incremento continuo de la

actividad enzimática del hígado y el nacimiento prematuro o gestación prolongada pueden afectar la actividad normal de algunas enzimas hepáticas.

Con respecto al sexo, se ha comprobado que hay una respuesta diferente para algunos xenobióticos, aunque esta diferenciación metabólica solo se presenta después de la pubertad y se mantiene a través de la edad adulta. Es reconocido que tanto el riesgo como severidad de una sustancia tóxica se incrementa durante el embarazo.

 **Vía o Ruta de Absorción.** Un mismo agente tóxico puede producir efectos muy diferentes dependiendo de la ruta por la cual el sistema biológico lo absorba; para que pueda producir su efecto tóxico debe llegar a los receptores específicos, atravesando una o varias membranas tisulares. Estas membranas tienen diferentes características que las diferencian entre sí, todas ellas tienen una composición básica de modelo de membranas denominada "bicapa fosfolipídica".

Según el modelo anterior, la parte

hidrofílica asegura la estabilidad de la membrana con el ambiente hidrofílico exterior, así como el intracelular del citosol. En contraste, las colas no polares, constituidas por ácidos grasos de 16 a 20 átomos de Carbono, le confieren una orientación ordenada a la masa de la membrana; además, los ácidos grasos insaturados le confieren fluidez.

Las sustancias atraviesan las membranas celulares por dos fenómenos, ya sea difusión pasiva o transporte activo: La mayoría de los agentes xenobióticos atraviesan la



membrana celular por simple difusión pasiva, en donde tiene mucho peso el gradiente de concentración; o sea, que si en la parte externa de la célula hay mayor concentración del agente xenobiótico, éste difundirá a través de la membrana celular por presión osmótica si se considera a la membrana celular como una membrana semi-permeable.

atravesar y alcanzar los receptores específicos del órgano o tejido, por lo cual debe ser capaz de atravesar las diferentes barreras biológicas.

Para que un agente xenobiótico pueda manifestar su efecto benéfico (remedio) o dañino (veneno), debe

Carácter tóxico

Un agente que produce una intoxicación puede ser químico o físico; en Toxicología de Alimentos se refiere solamente a sustancias químicas que contienen ciertos alimentos.



Sistema biológico

Es el sistema sobre el cual el agente tóxico actúa. El nivel de intoxicación puede variar entre las especies. Hay mucha diferencia en las reacciones que causan ciertos agentes tóxicos en animales y en humanos



Vía o ruta de absorción

Un mismo agente tóxico puede producir efectos muy diferentes dependiendo de la ruta por la cual el sistema biológico lo absorba



Tiempo de Interacción con el agente tóxico

El tiempo en el que el agente tóxico permanezca en el sistema biológico afectado determinará el tipo de intoxicación, que puede ser aguda, subaguda o crónica



Excreción del Agente Tóxico.

El agente tóxico puede ser expulsado del sistema biológico a través de la orina, bilis, heces y por el aire expirado



- Orina
- heces
- Bilis
- Aire

FACTORES IMPLICADOS EN LA INTOXICACIÓN





Tiempo de interacción del Agente Tóxico. Una intoxicación generada por un agente tóxico es una enfermedad a la cual se le debe observar la evolución

en función del tiempo, de esta forma se podrá clasificar en aguda, crónica o subaguda.

Intoxicación aguda:

Se define como la exposición hacia un agente xenobiótico que produce una manifestación casi inmediata (en ocasiones en minutos) con una sola administración del tóxico, que puede llevar al intoxicado a la muerte, o a una recuperación total o parcial, de la cual pueden quedar o no secuelas. A veces en este tipo de intoxicaciones se da una reversibilidad del proceso, a excepción de la muerte, naturalmente.

Intoxicación subaguda:

No implica un menor grado de gravedad de la intoxicación aguda, sino que la evolución de esta enfermedad presenta trastornos subclínicos, es decir, debido a que este tipo de intoxicación requiere la administración repetitiva del tóxico, al comienzo no hay trastornos visibles pero a corto plazo se pueden presentar evidencias de la intoxicación y algunos especialistas consideran que para que se presente la intoxicación, se debe exponer el sistema biológico al tóxico en un período de tiempo que puede variar de un mes a tres meses.



Intoxicación crónica:

intoxicación crónica se presenta cuando hay una exposición repetida hacia el agente tóxico. Esta absorción se produce con cantidades relativamente pequeñas del tóxico, que por sí mismo no producen trastornos visibles en un comienzo, pero la acumulación del agente xenobiótico en el organismo y con el transcurso del tiempo se presentan estados patológicos, por lo general de carácter irreversible. La intoxicación requiere de tres meses a uno o varios años y cuando se manifiesta en forma clínica, es muy difícil de revertir el daño producido.

Actualmente, la intoxicación crónica es bastante frecuente, como consecuencia entre otras cosas del mal uso de medicamentos, del ambiente contaminado, mayor contacto con productos industriales y plaguicidas; suele presentar cuadros clínicos difusos que inducen a confusión con otros tipos de enfermedades, lo cual puede obstaculizar la verdadera terapia.



Excreción del Agente Tóxico. La excreción de los tóxicos se efectúa por medio de la orina, bilis, heces y una alta proporción de los compuestos volátiles por el aire expirado. Menores cantidades se excretan por la leche (lactancia), el sudor y la saliva, como es el caso de madres fumadoras, bebedoras o drogadictas durante el período de la lactancia.

El mejor sistema de excreción es la vía urinaria, ya que en un adulto, las arteriolas procedentes de la arteria renal aportan un flujo de 1,2 a 1,3 l/min (aproximadamente el 25% del gasto cardíaco) así, la excreción urinaria es la más importante para eliminar del organismo las sustancias tóxicas ingeridas en la dieta. El riñón excreta los tóxicos por la misma ruta que excreta las sustancias endógenas.



2.4 Relación dosis respuesta

El carácter tóxico de una sustancia se definía en forma cualitativa y no fue sino hasta el desarrollo de la Toxicología cuantitativa, cuando se le asignó un carácter cuantitativo al efecto tóxico de cualquier sustancia química. De hecho, la intensidad de la respuesta biológica es proporcional a la dosis sobre el organismo.

Cuando se necesita determinar la relación “dosis-respuesta” de un agente xenobiótico sobre un definido organismo se deben considerar ciertos factores, tales como:

- a. Selección del tipo de respuesta para ser monitoreada en términos cuantitativos.
- b. Definición del organismo de prueba (sistema biológico)
- c. Período de prueba o duración del ensayo
- d. Serie de dosis a probar: dosis simple (toxicidad aguda); dosis repetitiva a corto plazo (toxicidad sub-aguda); dosis repetitiva a largo plazo (toxicidad crónica)
- e. Vía de administración.

El tipo de relación “dosis-respuesta” es un concepto fundamental de la ciencia toxicológica; además, el entendimiento de esta relación es necesario para poder definir el intervalo entre la dosis inocua y la dosis tóxica de un determinado agente xenobiótico. La respuesta de un organismo hacia el agente no varía solamente con las especies animales (variabilidad interespecie), sino que ésta, normalmente también puede variar dentro de la misma especie (variabilidad intraespecie).



Dosis letal media (DL50)

Un parámetro toxicológico de suma importancia para definir el grado de toxicidad de una sustancia lo constituye la denominada dosis letal media o 50 (DL50), de la cual hay suficiente material bibliográfico donde se pueden encontrar datos para una gran cantidad de sustancias comúnmente usadas en diferentes áreas. En la obtención de la DL50, es necesario además de conseguir el dato numérico, describir como mínimo la vía de administración, así como la especie animal. Las sustancias con valores menores de DL50, inferiores de 1 mg/Kg por vía oral son sumamente tóxicas, muchas de las cuales se pueden

conseguir en los alimentos.

Otro índice importante en Toxicología de tipo ambiental y específicamente laboral, lo constituye la "Concentración Umbral Límite" (CUL), que corresponde al valor promedio de la concentración máxima de un agente tóxico, que puede ser permitido en relación al peso y tiempo de exposición laboral; esto quiere decir que se trata de la concentración a la cual se supone que un trabajador puede permanecer durante 8 horas diarias por 5 días a la semana, sin que se manifieste un daño a la salud por un período relativamente largo.



2.5 Índices toxicológicos

La Toxicología cuantitativa ha tenido participación en los aspectos de evaluación de los tóxicos presentes en los alimentos. Con lo anterior se ha puesto en evidencia las palabras de Paracelso: “Solamente la dosis hace que algo no sea veneno”, es decir, el efecto dañino de un agente xenobiótico

depende de la dosis ingerida. Con base en lo anterior, el factor crítico no es el valor intrínseco de la toxicidad de un xenobiótico, sino el riesgo o peligro de uso en condiciones anormales. El “riesgo” es la posibilidad de que un agente xenobiótico pueda producir daños bajo condiciones específicas.

Como ejemplo, una sustancia altamente tóxica, cuando se maneja en forma controlada previniendo su absorción más allá de su margen de seguridad, se dice que se está manejando con seguridad. Consecuentemente, el término “seguridad” se refiere a la probabilidad de que el daño no se presente bajo condiciones específicas; por el contrario, el caso de una sustancia poco tóxica, pero al no tener un control adecuado de ésta, se puede presentar en una concentración alta en el alimento que puede llegar a ser de alto riesgo.

La aceptación de un riesgo es materia de una discusión multidisciplinaria compleja, en donde también se deben tomar en cuenta los beneficios que se derivan de ingerir un determinado alimento, no obstante la presencia de sustancias con un cierto potencial dañino. En Toxicología de Alimentos lo que se pretende es tener el menor riesgo con el mayor beneficio, originando el concepto de “riesgo-beneficio”. Con respecto a lo anterior, lo ideal sería realizar las pruebas toxicológicas bajo las mismas condiciones, a las cuales se les pretende analizar el efecto toxicológico; sin embargo, esto no es muy factible, debido a que la mayor parte de los estudios de riesgo en las personas, se apoyan en datos experimentales obtenidos en animales.



Dosis donde no se observa efecto adverso

Llegado este momento en la discusión y como ya se ha dicho en párrafos anteriores, ya se puede entender que los aspectos que en Toxicología de Alimentos se analizan y se manejan consisten en la prevención o en evitar el riesgo a un determinado agente xenobiótico por una ingesta repetitiva y a largo plazo; por consiguiente, los estudios que tienen validez, son aquellos de toxicidad crónica y en donde se monitorean los efectos tóxicos sutiles. Justamente, de estudios de toxicidad crónica en animales de laboratorio, se puede obtener la dosis donde no se observa un determinado efecto dañino que se

conoce como DSEO (dosis sin efecto observable), el cual consiste en la dosis más alta del agente xenobiótico donde no se observa un efecto indeseado para la especie humana sensible.

Hay que recordar que en general, para las valoraciones toxicológicas de “dosis-respuesta” es necesario considerar los factores inter e intraespecie, ya revisados arriba y que los resultados pueden ser extrapolados hacia el ser humano; con respecto a esto último, se debe definir el denominado: **Factor de Seguridad**.



2.6 Factor de Seguridad

Para establecer los niveles de seguridad o tolerancia de un agente xenobiótico al cual una persona estará expuesta, y en vista de la variabilidad de la respuesta biológica es necesario que el Índice Toxicológico se lleve a cabo con base al "Factor de Seguridad". Algunos toxicólogos prefieren llamarlo Factor de Incertidumbre, el cual toma en cuenta la variación inter e intraespecie. Con base a lo anterior un factor de 10 por lo general es usado como válido, cuando se cuenta con datos de exposición crónica en los propios humanos, esto tiene como finalidad la consideración de variabilidad de respuesta entre los diferentes individuos (variación intraespecie) y proteger aquellos más susceptibles o hipersensibles. Cuando se dispone

de datos de exposición crónica en animales de laboratorio, se usa el Factor de Seguridad (FS) de 100, ya que en este valor se incluye la variación intraespecie (10) así, como la extrapolación de animales de laboratorio o humanos, o sea, variación interespecie (10). Por último, cabe mencionar que en algunas ocasiones, se puede hacer uso de un Factor de Seguridad mayor de 100, lo cual se aplica cuando se cuenta con datos de exposición crónica del agente xenobiótico por analizar, pero que dicha información no es lo suficientemente completa o que los datos de que se dispone no han sido corroborados por diferentes grupos de investigación o agencias de salud internacionalmente reconocidas.



2.7 Ingesta o Dosis Diaria Tolerable

El concepto de Dosis Diaria Admisible (DDA) o también denominada Ingesta Diaria Admisible (IDA), se refiere a la expresión simplificada del conjunto de datos toxicológicos de que se dispone para un determinado agente xenobiótico. En si la DDA corresponde a la cantidad de una sustancia que pueda ser ingerida diariamente por un individuo durante toda su vida, sin que le produzca daño a su salud. Este nivel o dosis, es fijado generalmente por experimentación animal sobre toxicidad aguda y crónica (investigando actualmente efectos mutagénicos y carcinogénicos) y tomando preferiblemente el valor de la dosis sin efecto observable (DSEO) para la especie más sensible. Se busca la cantidad máxima del xenobiótico

que el animal más sensible pueda ingerir diariamente sin efecto nocivo. Sin embargo, para poderla extrapolar a una persona se tiene que tomar en consideración el Factor de Seguridad (FS) que debe suponer la variación intraespecie e interespecie, o sea, el valor de 100.

Atendiendo a lo antes expuesto, se plantea el hecho de que la DDA se considera como la centésima parte de la DSEO para el animal más sensible y se expresa en mg/Kg. de peso corporal; esto permite con un alto grado de probabilidad, garantizar un bajo riesgo del xenobiótico analizado, pero nunca se podrá afirmar con absoluta certeza su inocuidad.



2.8 Principales tipos de sustancias con potencialidad tóxica encontradas en los alimentos de forma natural

La presencia de sustancias tóxicas en los alimentos que ingerimos puede tener cuatro orígenes principales; fuentes naturales, aditivos intencionales, aditivos accidentales y compuestos generados durante la elaboración y almacenaje del alimento.

Al referirnos a las fuentes naturales, las intoxicaciones pueden surgir de la confusión de especies tóxicas con inocuas, como en el caso de ciertos hongos: el hongo *Agaricus* (el champiñón de París) es comestible y morfológicamente muy parecido a *Amanita phalloide* y *Amanita verna*, que son hongos de reconocida toxicidad. Otro motivo frecuente es que

un determinado compuesto tóxico esté presente a una concentración mayor a la normal.

Este mismo principio vale para la toxicidad causada por los aditivos intencionales, que son añadidos para preservar o mejorar la apariencia o el gusto de los alimentos preparados. Los pesticidas residuales se incluyen dentro de los aditivos accidentales, así como los compuestos tóxicos generados por la contaminación con hongos o bacterias. En este tema se discutirán los dos tipos más comunes de toxinas agrupadas de acuerdo a su origen:

a. Toxinas como componentes naturales de vegetales y animales de consumo directo.

b. Toxinas generadas por infección de

los alimentos con hongos, bacterias y algas.

c. Toxinas presentes en la miel de abejas.



2.9 Desarrollo en la disponibilidad de los alimentos

Los alimentos que se han consumido a través de la historia y que los han denominado “Alimentos Tradicionales o Convencionales”, se les ha conferido el valor de ser relativamente seguros o inocuos; pero hay que recordar que en el sentido estricto, un alimento es un complejo agregado químico que está formado por una variedad de componentes, siendo algunos sencillos como el agua y ciertas sales; además de polímeros de alto peso molecular, como son los almidones y las proteínas, pasando por moléculas intermedias como oligosacáridos, grasas y vitaminas, entre otros.

En relación a lo planteado, un ejemplo de alimento con ciertas características que llaman la atención es la patata (la papa), además de considerarse como un alimento convencional y de tener un amplio consumo a nivel mundial, se le han reconocido más de 150 compuestos químicos, entre los que se encuentran la solanina, chaconina, ácido oxálico, arsénico, taninos, nitratos, entre otros con una franca respuesta farmacológica, sin reconocida acción nutritiva.





Debido a la complejidad del alimento y a la dieta diaria humana, puede aparecer el fenómeno de antagonismo en el proceso de toxicidad de ciertos agentes tóxicos o antinutricionales, cuando éstos están presentes en la dieta humana.

Se presentan los casos más representativos de disminución o aumento de la toxicidad con relación al consumo de alimentos:

-  Concentración pequeña del tóxico hace referencia a que varias sustancias dañinas por su alto grado de toxicidad se pueden encontrar en los alimentos en concentraciones sumamente bajas, por lo que es poco probable que presente un problema.
ejemplo, una alimentación escasa en proteínas y con una ingesta de productos con inhibidores de tripsina, como podrían ser productos de soya mal procesados.
-  Otro factor que puede incidir en la disminución de la toxicidad de un agente tóxico es que se presente un efecto antagónico entre los diferentes componentes de los alimentos.
-  El caso contrario es que se presenta un efecto sinergista del agente tóxico al interactuar con otros componentes del alimento. Como
-  Otro factor que puede exaltar el efecto tóxico de sustancias presentes en un alimento. El consumo exagerado puede rebasar la cantidad de tóxico o agente antinutricional que en condiciones normales no produciría ningún tipo de efecto dañino.
-  Una condición que puede incrementar el efecto tóxico de un determinado agente xenobiótico, es el caso de las personas muy sensibles (hipersensibles).

Se pueden mencionar otras situaciones, generadas por un aumento o por el contrario, por una disminución del efecto tóxico; sin embargo, la interacción entre los diferentes componentes de un alimento o de una dieta diaria es sumamente compleja y muy difícil de predecir el resultado. No obstante, el reto de la Toxicología de los Alimentos es poder definir con el menor riesgo posible, la dosis del agente xenobiótico que puede ingerir el ser humano sin que se presenten problemas de intoxicación aguda o crónica.



2.10 Xenobióticos y sustancias con potencialidad tóxica

Toxinas naturales de Origen Vegetal

La presencia de sustancias tóxicas en vegetales comestibles puede ser el metabolismo de la planta o pueden haber sido generadas en situación de estrés del vegetal. Son muchos y variados los compuestos que resultan tóxicos para las personas; sin embargo, es muy probable que esa toxicidad aparezca de una ingestión puntual o por acumulación del tóxico debido a una ingesta frecuente.

Adicionalmente, hay que recordar que la toxicidad de las sustancias depende no solamente de la dosis ingerida, sino también de factores relacionados con las personas mismas, tales como la edad, el estado de salud y factores genéticos.

La clasificación de las toxinas vegetales, en forma general se fija incluyendo las hemaglutininas y los glucósidos pirimidínicos entre las hematotóxicas, que alteran el sistema circulatorio y los principios cianogénicos, entre las neurotoxinas que alteran el sistema nervioso.

Hemaglutininas. Se conoce con este nombre aquellos compuestos capaces de provocar la acumulación de eritrocitos, porque se unen a las glicoproteínas de las membranas celulares. Son de naturaleza proteica y se presentan tanto en animales como en vegetales. Se consideran las lectinas de origen vegetal (también llamadas *fitohematoglutininas*). Se encuentran en la mayoría de los cereales y leguminosas, las más importantes se encuentran en las habas. La estructura de las lectinas no es del todo conocida, pero si se sabe que son oligosacáridos que tienen porciones de péptidos unidos a los azúcares.



Cuando se ingiere una leguminosa con lectinas, éstas se unen a las membranas de las células del tubo digestivo, provocando náuseas y vómitos. Las caraotas rojas parece ser que son las que tienen la mayor concentración. Las lectinas son altamente tóxicas; sin embargo, se desnaturalizan por calentamiento, así que la cocción apropiada de los granos previene las intoxicaciones causadas por estos compuestos.

a. Glucósidos pirimidínicos. Son otros componentes tóxicos de las leguminosas, especialmente de las habas (*Vicia faba*); pueden causar anemia hemolítica, conocida como fabismo, cuyos síntomas clínicos, que aparecen uno o dos días después de la ingesta, producen trastornos intestinales, calambres musculares, sangre en la orina, seguidos de suspensión de la secreción urinaria.

Los compuestos responsables del fabismo son derivados pirimidínicos: la divicina y el isouramilo, los cuales son hidrolizados por la acción de la glucosidasa o en la semilla misma a través del metabolismo vegetal. Como en el caso de las lectinas, se inactivan por calentamiento prolongado.

b. Principios cianogénicos. Son denominados así porque liberan ácido cianhídrico (HCN) al hidrolizarse. Son derivados de cianohidrininas; en la mayoría de las plantas, el oxígeno está unido a un azúcar y se les conoce como glicósidos cianogénicos; pero si el oxígeno se une a un ácido graso se conocen como cianolípidos y estos últimos son frecuentes en semillas de oleaginosas.

Se estima hay más de cien especies, la mayoría comestibles, que contienen estos principios cianogénicos. El material biológico que los incluye, al ser macerado o dañado, puede liberar ácido cianhídrico por acción enzimática. Un análogo de estos compuestos es la linamarina, el principio amargo de la yuca. La diferencia entre yuca amarga y dulce está en el contenido de este compuesto.

El ácido cianhídrico, responsable de la toxicidad, se une al hierro de la citocromo-oxidasa de la cadena respiratoria, interfiriendo con la respiración celular. La dosis letal es de 0,3 a 0,5 mg/kg de peso corporal y la intoxicación se presenta con parálisis muscular y confusión mental, la muerte sobreviene por paro respiratorio.



Toxinas naturales de Origen Animal.

Las toxinas se producen en los organismos vivos de tres maneras fundamentales. Una es resultado del propio metabolismo del organismo que las genera, como es el caso de las toxinas vegetales; otra vía es la expresión genética que da lugar a una proteína o a un péptido tóxico; y una tercera vía es a través de la simbiosis con otros organismos.

La toxicidad provocada por la ingesta de ciertos alimentos de origen animal es causada casi siempre por la acumulación del material tóxico en el animal que sirve de alimento al hombre. Por lo general, sucede que el material tóxico es producido

por otros organismos como bacterias, plantas o animales que son ingeridos por el animal para quien no resultan dañinos, o bien provienen de la acción simbiótica que permiten al hospedero obtener las toxinas de su huésped.

Los alimentos de origen marino son los más susceptibles a la coinfección con microorganismos, y a las toxinas que se presentan se las ha denominado genéricamente como ictiotoxinas si son producidas o transmitidas por peces, y mitilotoxinas aquellas que provienen de moluscos.

Las ictiotoxinas son las responsables de lo que se conoce con el nombre de síndrome escombroides, por presentarse con mayor frecuencia en la familia de los escómbridos: atunes, dorada, peces azules, cuya carne ha sufrido el ataque de ciertas bacterias.

Otras ictiotoxinas mucho más violentas son la tetrodotoxina y la toxina ciguatera.

Entre las mitilotoxinas, las de mayor importancia por la frecuencia de los ataques son: saxitoxina, brevitoxina, ácido okadaico y ácido domoico, entre otros.



a. Ictiotoxinas: Tetrodotoxina y Ciguatera. La tetrodotoxina se encuentra principalmente en el hígado y en los órganos reproductores y, en menor concentración, en el intestino, en la piel y en la musculatura del pez globo y otras especies pertenecientes a las familias Tetraodontidae (pez fugu) y Diodontidae (pez erizo, pez sapo).





La tetrodotoxina es una neurotoxina que actúa bloqueando los canales de Sodio, produce parálisis en la musculatura y es frecuente la muerte del consumidor. La tetrodotoxina está presente en el pez fugu sólo cuando éste está en simbiosis con algunas bacterias del género *Vibrio*. La misma toxina se ha encontrado en cangrejos, pulpos y otros peces que viven en las mismas aguas.

La ciguatera es una intoxicación común, ocasionada por la ingesta de peces que habitan en los arrecifes coralinos y es causada por toxinas producidas por ciertos dinoflagelados; la variedad de estructuras químicas es relativamente abundante para estas toxinas.

Ejemplos son la ciguatoxina, brevitoxina, ácido okadaico, entre otras, que se acumulan en el hígado, gonadas y músculos de peces grandes. La brevitoxina, una mitilotoxina, que se concentra en moluscos populares en la dieta. Produce trastornos gastrointestinales, circulatorios y neuronales. Las tres neurotoxinas tienen en común éteres cíclicos en su estructura.

b. Mitilotoxinas. Con una estructura química análoga a la tetrodotoxina, otra neurotoxina de origen simbiótico es la saxitoxina, causante del envenenamiento producido por el consumo de moluscos bivalvos (ostras, mejillones, almejas, vieiras) en cuya dieta abundaron los dinoflagelados, microalgas responsables de la marea roja.

La tetrodotoxina y la saxitoxina tienen restos de arginina en su estructura. Ambas son toxinas muy poderosas y su actividad persiste aun a bajas concentraciones del orden de nanogramos por kilogramo de peso corporal, y no se inactivan por el calor.

Una toxina con estructura bastante más sencilla, que ha causado intoxicaciones severas, cuya peculiaridad es la pérdida de la memoria (en ciertos casos de mane permanente), es el ácido domoico, que puede acumularse en moluscos y peces, como consecuencia también de la ingesta de ciertos dinoflagelados.



2.11 Origen e identidad de las sustancias con potencialidad tóxica en los alimentos

Toxinas producidas por Hongos

La ingesta de alimentos enmohecidos ha sido registrada desde hace muchos años como un grave problema para la salud. Las toxinas generadas por los mohos se denominan micotoxinas; incluyen aquellas provenientes de hongos superiores, tales como Amanita verna y Amanita phalloide y otras amanitas. Estos hongos suelen ser confundidos con champiñones comestibles y causan



intoxicaciones severas, a veces mortales, que reciben el nombre de síndrome faloidiano. Dentro de este grupo se encuentran las amatoxinas, mucho más tóxicas, siendo la dosis letal para un adulto de 5-7mg. Las amatoxinas causan lesiones en el estómago y en el intestino y la pérdida irreversible de la actividad hepática y renal.

Los mohos son responsables de las toxinas más frecuentes en los alimentos pero, paralelamente, también son productores de sustancias antibióticas, como las penicilinas o las cefalosporinas de gran utilidad clínica. El moho que crece sobre el pan pertenece al género Penicillium, productor de la penicilina.

Las micotoxinas se caracterizan por su persistencia en la cadena alimenticia y son responsables de las intoxicaciones de animales de cría (cerdos, vacas, aves) y eventualmente pueden llegar hasta el humano que ingiere los productos derivados



de los animales. De las micotoxinas responsables de las intoxicaciones en humanos, producto de la ingesta de alimentos contaminados, las más frecuentes son las provocadas por los mohos de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. La reproducción de estos hongos depende, entre otras causas, de la temperatura y humedad y con ello la concentración de micotoxinas.

a. Aflatoxinas. Elaboradas por cepas de los hongos *Aspergillus flavus*, *Aspergillus versicolor* y *Aspergillus parasiticus*, que proliferan en muchos alimentos, principalmente en maní, maíz, algodón, frutos secos y otros cereales.

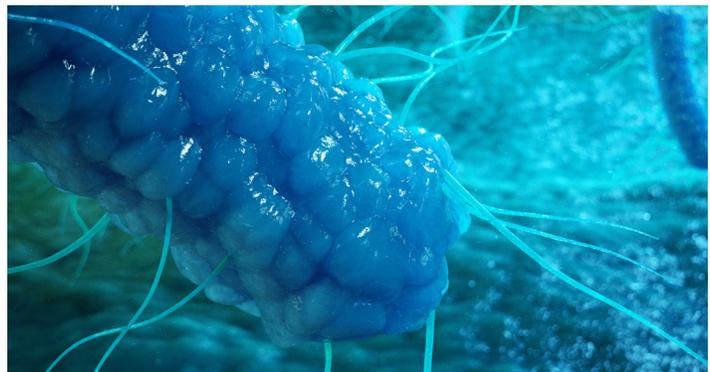
La producción de aflatoxinas es máxima a 27°C, por lo cual el almacenamiento en los silos es una vía productiva para la síntesis de estos metabolitos

b. Toxinas del género *Fusarium* y otros mohos. Estos mohos son los principales contaminantes de los alimentos en las regiones templadas y, aunque se trata de toxinas que afectan principalmente a los animales, se conocen casos de infecciones humanas. Las ocratoxinas, fumonisinas, zearalenona y tricoteceno contaminan piensos, maíz, pistachos, nueces, entre otras. Pueden ser transferidas al humano a través de la leche y la carne. Tienen diferentes estructuras químicas.



Toxinas producidas por Bacterias

Las infecciones más frecuentes en alimentos son aquellas producidas por bacterias y los síntomas de la infección comienzan con vómitos, diarreas y severos dolores abdominales.





En este grupo de ataques se encuentran la salmonelosis (producida por varias cepas de *Salmonella*), colibaciliosis (causada por una familia de toxinas conocidas como *Shiga* y producidas por cepas de *Escherichia coli*), estafilococcia (provocada por *Staphylococcus aureus*) y botulismo (producida por *Clostridium botulinum*).

Las moléculas responsables de las infecciones son toxinas peptídicas, que se destruyen por el calor, pero la ingesta de animales crudos contaminados o alimentos mal cocidos, mal preservados, o contaminados después del tratamiento térmico por manipuladores portadores o utensilios sucios, son las causas de las intoxicaciones, que hasta pueden provocar daños al sistema nervioso.

El caso más referido es el de las toxinas botulínicas. *Clostridium botulinum* es una bacteria resistente al calor, que produce una de las toxinas más mortales para el hombre: se ha estimado que 1gr de toxina puede matar cincuenta millones de personas. El envenenamiento casi siempre está asociado a la ingesta de carnes y pescados enlatados, cuya esterilización no se completó.

La toxina botulínica está constituida por varias moléculas peptídicas, es una potente neurotoxina que conduce a la muerte por paro respiratorio. De esta toxina se han caracterizado siete diferentes, de las cuales cuatro están asociadas con envenenamiento humano. Cada cepa particular de la bacteria produce sólo un tipo de toxina.

Otras Toxinas

El caso típico del ahumado natural, el cual se obtiene por esta técnica de conservación, puede producir toxinas. Los compuestos presentes en el humo, y que son transferidos a la carne o al pescado, son principalmente **Hidrocarburos Aromáticos Poli-insaturados** conocidos como HAP.

Las condiciones del ahumado determinan la presencia de ciertos compuestos. Por ejemplo, si la madera ha sido impregnada con alquitrán en los ahumaderos industriales o con kerosene, para acelerar la ignición, frecuente en las parrilleras domésticas, los hidrocarburos de estos productos volatilizan y se adhieren a la carne que se ahuma o se asa.



Para minimizar la concentración de los HAP en los ahumadores industriales, se filtra, lava y trata el humo, previo a su utilización. La temperatura de cocción y la cantidad de grasa tienen influencia sobre la composición y concentración de los HAP de las carnes asadas, porque los lípidos funden y se inflaman, con lo que se propicia la carbonización superficial. Esta carbonización tiene lugar cuando no se controlan los parámetros de cocción.



2.12 Tóxicos presentes en la miel de abejas



El néctar de flores contiene una gran cantidad de sacarosa, del trigo sarraceno, remolacha o girasol, que contienen incluso más de un 50%. El azúcar también se encuentra en la melaza, la secreción de algunas maderas de especies coníferas. Las abejas recolectan estos jugos y los almacenan en el saco mielero, donde se mezclan con algunas enzimas de las propias abejas. Luego se almacenan en las unidades del panal de abeja, donde se espesan y maduran a una temperatura de unos 33°C. En este

proceso no sólo se invierte la sacarosa, sino que al mismo tiempo se forman los aromas característicos de la miel.

Se conocen varios casos en donde la miel de abeja se la señala como la responsable de intoxicaciones por la contaminación de néctares o polen tóxicos. Las flores del rododendro y la azalea contienen toxinas que las abejas recolectan, de modo que también van a parar a la miel.



La planta de Rhododendron contiene la andrometoxina, a la cual se le asocia el adormecimiento de extremidades, mareos, náuseas, vómitos, depresión de la respiración, contracciones en el diafragma, bradicardia, pérdida de la enervación de los músculos, caída de la presión sanguínea y pérdida del conocimiento.

La esculina puede ser otro tóxico presente en la miel, la cual se encuentra en el néctar y polen de la planta Aesculus sp. De la misma forma, las mieles de Nueva Zelanda pueden contener la sustancia tóxica tutina, que proviene de la planta tuta (Corilaria arborea). La ingestión de esta sustancia, en dosis de 1mg, provoca vómitos, calambres y

pérdidas de conciencia; otros síntomas de la tutina son delirios, mareos, dolores abdominales, cefalea, excitación, estupor, coma, convulsiones y pérdida de la memoria.

La toxina del rododendro y la azalea es la grayanotoxina (andromedotoxin), que tiene un efecto atropínico: parálisis, aumento de la frecuencia cardíaca.

Es conveniente resaltar que la posibilidad de que una miel esté contaminada por este tipo de compuestos es bastante remota, ya que estas sustancias también son tóxicas para las abejas, razón por la cual estos insectos tratan de evitar la recolecta de polen y néctar de dichas plantas.



BIBLIOGRAFIA CONSULTADA Y RECOMENDADA

-  El diseño de la cocina de un restaurante.
www.diegocoquillat.com
-  Técnicas básicas de cocina para el servicio.
Escuela Nacional de Hostelería de Nicaragua.
-  Equipos, maquinaria y mobiliario.
www.escuelahosteleria.org
-  Principios de Cocina 2. Romano Segreda
-  <http://www.expohorecamagazine.com/n-/es/14376/-la-organizacion-de-la-cocina-en-un-restaurante>
-  <http://www.pelp.cl/blog/10-medidas-basicas-de-seguridad-en-la-cocina-industrial/>
-  <http://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcessp/spstpkitchen.pdf>
-  www.maquinariadehosteleria.net/blog/6-normas-basicas-seguridad-la-cocina/