

Sustancias indeseables contenidas en los alimentos (I)

V. Rueda Núñez • Nutrición Animal. Facultad de Veterinaria de Lugo. Univ. de Santiago de Compostela

Además de nutrientes, los alimentos pueden contener material extraño, factores antinutritivos, aminoácidos no disponibles, minerales tóxicos, contaminaciones industriales, toxinas y otras sustancias indeseables que perjudican el rendimiento de los animales y alcanzan el último eslabón de la cadena: el hombre

Alguno de estos hallazgos son fruto de la elaboración y almacenamiento de los productos alimenticios, muchas veces debido a fenómenos de contaminación ambiental o microbiana. El contenido máximo de sustancias indeseables está regulado por la legislación vigente y se revisa periódicamente.

Para los nutricionistas todos estos factores son importantes, lógicamente, pero últimamente en los foros de debate del sector nutricional se presta una atención especial a las micotoxinas, a las que dedicaremos especial atención en la segunda parte de este artículo.

Impurezas y adulteraciones

Las sustancias que se integran en esta denominación, en el mejor de los casos, merman la calidad del producto. De esta forma, la pureza botánica de los vegetales debe ser del 95 %, pero es difícil controlar este porcentaje en el caso concreto de forrajes y harinas vegetales, por lo que este valor, para el caso de la alfalfa deshidratada, por ejemplo, no debería ser mayor de un 20 % de material extraño.

Las adulteraciones no son frecuentes y además se pueden detectar mediante microscopía. La leche en polvo, harina de pescado y subproductos anima-

les se pueden adulterar con fuentes de nitrógeno baratas como la urea. La harina de oleaginosas con cascarilla, y la alfalfa deshidratada con hierba.

Factores antinutritivos (FAN)

Debido al importante papel que juega la soja en la alimentación animal, vamos a tomar como ejemplo los factores antinutritivos de la soja. Los animales más sensibles son los monogástricos y los rumiantes lactantes.

Podemos destacar ocho tipos de factores antinutritivos:

- 1) Inhibidores de proteasas. Existen 5 inhibidores de tripsina (I.T.) en una cantidad de entre un 1,4 y un 0,6 %. Los más importantes son el factor de Kunitz y el factor de Bowman-Birk. Ya existen variedades de soja bajas en I.T. Los inhibidores de proteasas son termolábiles, por lo que una soja tratada térmicamente debe tener < 10 UIT / mg materia seca. Estas sustancias también las contienen por ejemplo habas y guisantes, y reducen la digestibilidad y utilización de aminoácidos en pollos, cerdos y rumiantes jóvenes, con hipertrofia de páncreas y reducción de la puesta en aves.
- 2) Lectinas: Presentes entre un 1 y un 3 %, son termolábiles. Las lectinas son glicoproteínas que hemoaglutinan los eritrocitos y bloquean los azúcares; destruyen las células de la mucosa intestinal reduciendo la absorción de nutrientes y originando hipersecreción de mucus intestinal. También las podemos encontrar en las habas.
- 3) Saponinas: Presentes en poca cantidad en la soja, también se pueden encontrar en alfalfa y altramuz. Reducen la palatabilidad de los alimentos.
- 4) Globulinas antigénicas: Glicina y Beta-congliconina, son termoestables. Dan lugar a alteraciones gastrointestinales en terneros y cerdos que se palian con un periodo de acostumbamiento. Los "concentrados de proteína de soja" tratados con etanol presentan estas globulinas inactivas.
- 5) Ácido fítico: Entre un 1 y un 2,3 %. Reduce la disponibilidad de minerales tales como calcio, fósforo, magnesio, cobre, yodo y zinc, en las dietas de monogástricos.
- 6) Oligosacáridos flatulentos: Son los alfa-galactósidos termolábiles rafinosa y estaquiosa que también encontramos en altramuz, guisante y ha-



bas. No son digeribles por enzimas animales, pero sí pueden ser fermentados por galactosidasas microbianas intestinales y ruminales. Desaparecen en los "concentrados de proteína de soja" al tratarlos con etanol.

7) Aminas biogénicas (BAI = índice de aminas biogénicas). Son los factores antinutritivos termorresistentes putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, fenetil amina, producidos por descarboxilación microbiana de los aminoácidos Arg, Lys, His, Tir, Phe-ala, respectivamente, debido a un manejo incorrecto. Solamente se notan sus efectos (hipertrofia buche, erosión de la molleja, mucus y necrosis duodenal) si se consumen en exceso. Son más frecuentes en productos de origen animal, p.e. pescado de procesado tardío, que en vegetales.

8) Ureasa. Se trata de una enzima que descompone la urea en amoníaco. El test ureasa se usa para determinar las pérdidas de actividad de los FAN de la soja, puesto que la ureasa bajo al acción del calor pierde su actividad. El Valor Ureasa de la soja procesada oscila entre 0,05 y 0,10 mg N / g / mn y es un índice eliminación de antitripsina. Un procesamiento correcto debe tener el valor de Ureasa cero, pero también el sobrecalentamiento (reacción de Maillard) da como resultado una Ureasa nula. Existen otros tests para evaluar la calidad de la harina de soja como la Solubilidad Proteica en KOH al 0,2 %, el test Rojo de Cresol, el test de Disponibilidad de la lisina y el índice de dispersabilidad de la proteína en agua, que en la soja sin tratar tiene un IDP situado entre 80 y 90 %, y en sojas tratadas es mayor del 20 %, lo que nos indica la situación de proteína no dañada.

Otros alimentos distintos de la soja tienen también factores antinutritivos:

- Glucósidos cianogénicos en mandioca, lino, sorgo forrajero y trébol blanco.
- Tiocianatos (esencia de mostaza). Los valores máximos en harina de colza son de 4000 ppm, aunque en otras materias primas se asume un máximo de 100 ppm. En piensos de monogástricos el valor máximo permitido oscila entre 150 y 500 ppm, mientras que en piensos de rumiantes este valor es de 1000 ppm.
- Taninos del sorgo y de las habas.
- Gossipol de la harina de semilla entera de algodón. Se recomienda un máximo de entre 20 y 100 ppm en piensos de monogástricos y 100 y 500 ppm en piensos de rumiantes.
- El ácido cianhídrico en granos de lino permite un valor máximo de 250 ppm, mientras que en harina de lino su valor es de 350 ppm. En mandioca el valor máximo es de 100 ppm y en piensos este valor varía entre 10 y 50 ppm.
- Nitritos en la harina de pescado: Un máximo permitido de 60 ppm y 15 ppm en piensos.
- Nitratos en gramíneas abonadas con exceso de nitrógeno.
- Lupina (alcaloide) del altramuz.
- Estrógenos en la alfalfa.
- Formononetina (isoflavona) en trébol subterráneo y trébol violeta.



- Glucosinolatos y ácido erúrico de la semilla de colza y de su harina.
- Pentosanas del trigo y del centeno, con enlaces Beta que no son digeribles por las enzimas de los monogástricos, dando heces húmedas y viscosas. Sí son hidrolizables por microorganismos del rumen.
- Beta glucanos de la cebada.
- Arabinosilanos del trigo y del arroz.
- Fitatos de los cereales.

Aminoácidos no disponibles

En 1912, Maillard observó que el procesamiento de los alimentos provocaba la unión del grupo amino del aminoácido al grupo carbonilo de los azúcares reducidos, tales como glucosa o lactosa y que, aunque las pérdidas de azúcares son mayores que las de aminoácidos, la calidad de la proteína se deteriora. Por lo tanto el control de esta reacción podría mejorar las características organolépticas de los alimentos procesados.

Durante los primeros pasos de la reacción de Maillard, los productos tienen menos color pero los aminoácidos están indisponibles. La coloración (pardeamiento) y las pérdidas de aminoácidos son dos fenómenos independientes de la reacción de Maillard y el cambio de color no es buen indicador de la pérdida de calidad de la proteína, que ocurre tempranamente.

La reacción de Maillard puede darse a temperatura ambiente, pero su intensidad aumenta con el tiempo, temperatura, humedad (el valor máximo se produce entre el 40 y el 70%) y aumento de la alcalinidad (el valor del pH pasa de 3 a 8).

Los productos iniciales de la reacción de Maillard tienen propiedades autocatalíticas que más tarde intensifican los efectos del tratamiento con el calor y el almacenamiento. Bajo condiciones de elevada temperatura y humedad todos los compuestos con grupos amino libres son vulnerables a la reacción de Maillard, incluidos los aminoácidos libres, los grupos amino épsilon de las uniones de la proteína a la lisina y grupos amino libres de tiamina, folacina y gossipol.

La lisina es el aminoácido más susceptible en una proteína intacta porque tiene un grupo amino libre en el carbono

La reacción de Maillard tiene efectos adversos en la harina de girasol

Tabla 1

Inclusión máxima permitida de minerales tóxicos y metales pesados en materias para la alimentación animal (valores en ppm)

	As	Pb	Cd	F	Hg
En fosfatos	10	30	10	2.000	
En harinas de pescado	10				0,5
En harinas de forrajes	4	40			
En pulpa de remolacha	4				
En otras materias primas	2	5-10	1-2	150-500	0,1
En piensos	2-4	5	0,5-1	30-350	0,1

épsilon que está disponible para reaccionar con azúcares reducidos.

La lisina libre es más reactiva porque tiene dos grupos amino libres. Los dos derivados iniciales de la reacción de Maillard de la lisina son N - (1-deoxy-D-fructosil) lisina y N - (1-deoxy-D-Lactosyl) lisina, que únicamente los puede asimilar la flora intestinal y no son disponibles para mamíferos ni pájaros. Los cambios en la biodisponibilidad de la lisina indican la intensidad y la formación de la reacción de Maillard, puesto que la destrucción de la lisina es entre 5 y 15 veces mayor que la que puede ocurrir con otros aminoácidos (Met, Cys, Trp, Leu).

La destrucción de la lisina tiene dos partes. Primero, la lisina se une a azúcares formando los productos iniciales de la reacción de Maillard. En este estado la lisina es todavía detectable en ensayos químicos pero no es biodisponible. Segundo, formación de los productos finales como melanoidinas, intensificando la coloración y dificultando la detección de la lisina.

La reacción de Maillard tiene efectos adversos demostrados en guisantes, harina de soja, aislados proteicos de pescado, caseína, albúmina de huevo, harina de canola, harina de cacahuete y harina de girasol. La reducción de la disponibilidad de la lisina depende de la temperatura y duración de la aplicación del calor. A veces no se modifica la digestibilidad (harina de SEA) pero sí la disponibilidad de la lisina. Hay una relación inversa entre temperatura y tiempo: Al reducir la temperatura se necesita más tiempo para lograr la misma pérdida de biodisponibilidad de lisina.

Es frecuente la reacción de Maillard en:

- Alimentos que contengan productos lácteos como los iniciadores de cerdos y en los que tengan altas cantidades de lactosa y de lisina, así como en piensos ricos en productos sanguíneos o proteína de soja, pescado y gluten de trigo.
- El pelletizado, en el que el alimento se expone a alta temperatura y humedad. Durante el acondicionamiento se añade a la masa un 6 % de humedad y a una temperatura de entre 50 y 90 ° C durante varios segundos o hasta 20 minutos. Durante la formación del pellet se eleva la temperatura por fricción contra las paredes del acondicionador.
- La expansión, la extrusión, el doble pelletizado y el prolongar la estancia de la masa en el acondicionador aumenta el riesgo de destrucción de nutrientes vía reacción de Maillard.
- El almacenamiento de productos terminados pero sen-

sibles. En la leche en polvo almacenada durante 10 semanas a 30°C y un 10% humedad se observa una reducción de la biodisponibilidad de la lisina en un 20%. Someter el pienso iniciador de lechones tras una semana al calor de la sala reduce la biodisponibilidad de la lisina en un 12%. Igual puede pasar con los alimentos en los silos y almacenes durante los meses de verano.

Minerales tóxicos y metales pesados

Estos compuestos producen diversas alteraciones según la especie animal. Se han detectado a veces exceso de mercurio (Hg) y arsénico (As) en pescado y sus subproductos contaminados por la industria; excesos de flúor (F) y cadmio (Cd) en fosfatos de origen mineral; niveles no tolerados de flúor (F), plomo (Pb), y cadmio (Cd) en vegetales cuya procedencia eran los vertidos industriales; excesos de selenio (Se) por mala dosificación en piensos; o niveles excesivos de cobre (Cu) y arsénico (As) usados como promotores de crecimiento.

La legislación marca unos valores máximos para los diferentes elementos, como se refleja en la **tabla 1**.

Existe riesgo de toxicidad por arsénico presente en aguas, vegetales y peces procedentes de países como Chile, Argentina y Taiwan. Su absorción es alta, la acumulación lenta y se excreta por orina. Se considera cancerígeno.

Puede ser asimismo tóxico el plomo procedente de gasolinas, pinturas, latas soldadas con este elemento, y tuberías de este material. Se acumula en huesos, encéfalo, hígado y riñón.

La toxicidad por cadmio proviene de su presencia en bacterias, soldaduras, pigmentos, aguas, centrales térmicas, incineradores de basuras o tabaco. Se acumula sobre todo en moluscos bivalvos. Se acumula en riñón y es de lenta eliminación.

El caso del fósforo se refiere principalmente al procedente de fosfatos, harinas de carne y huesos, pastos contaminados con flúor de cerámicas... Se acumula en huesos y riñón.

El aluminio está presente en algunas bentonitas o zeolitas, fosfatos y forrajes de zonas especiales. Su absorción y acumulación en el organismo es baja y se elimina vía riñón. No hay riesgo de salud para humana.

Dioxinas (PCDD Y PCDF) y policloro bifenilos (PCBS)

Aunque estos contaminantes están de plena actualidad, no son productos nuevos. Ya en el Curso FEDNA de 2001 el técnico de Ibérica de Nutrición Animal, Sr. Gorrachategui García, realizó una completa revisión sobre el tema.

Las dioxinas son policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDD) y policlorodibenzo furanos (PCDF). En la actualidad estos contaminantes orgánicos lipofílicos se utilizan solamente en investigación y análisis pero pueden acumularse en los seres vivos y en los alimentos. La más estudiada es la 2, 3, 7, 8 tetraclorodibenzo dioxina (dioxina de Seveso).

También hay "PCBs similares a dioxinas", que son los 12

compuestos bifenilos policlorados tóxicos (en total hay 209 compuestos según la posición del cloro en los anillos).

Los PCB se producen industrialmente (p.e. como fluidos aislantes de transformadores, pigmentos, pinturas...). Se consideran contaminantes desde 1966, aunque se hicieron famosos en 1968 a raíz de la contaminación del aceite de arroz en la zona de Yuso (Japón). Durante la síntesis de estos PCB se forman dioxinas.

La Unión Europea ha determinado que a finales del 2010 tienen que estar eliminados todos los equipos antiguos con PCB puesto que, aunque la fabricación de PCBs está prohibida desde 1978, se estima que hay 40.000 t de PCB incontrolados y vertidos a ríos, costas...La quema de PCB o el calentamiento en presencia de oxígeno aumenta la toxicidad.

El origen de estas contaminaciones está en el pentaclorofenol protector de la madera, plaguicidas, incineradoras urbanas y de hospitales, calderas, calefacciones, barbacoas, cigarrillos y gasolinas con plomo, producción y reciclaje de metales, blanqueo con cloro de la pasta de papel, producción electroquímica de cloro con electrodos de grafito, industria textil, tintas, incendio de plásticos, lodos de depuradoras y potabilizadoras, lixiviados de vertederos, aguas residuales domésticas.

En España el 87 % provienen de actividades industriales y van al aire, agua, suelo, vegetales y, como son insolubles en agua, se quedan en los sedimentos un par de años.

Llegan a vegetales, pastos, animales, agua, peces...y se depositan en tejidos grasos.

Las aves y peces son más sensibles que los mamíferos a las dioxinas y llegan a ellos desde el suelo, polvo, vegetales, agua, forraje, harinas y aceites de pescado y grasa animal, incluso con el pentacloruro de fenol de las camas de serrín. Entre los pescados el más contaminado es la anguila, trucha y pescados carnívoros.

El tratamiento de materias primas alimenticias presenta riesgos solamente cuando se utilizan catalizadores o sustancias químicas en los procesos, p.e. cítricos, extracción de grasa, disolventes, agentes de filtración por presencia de dioxinas como contaminante. El uso de álcalis, ácidos directos sin altas temperaturas no supone ningún problema. El procesamiento térmico de las materias primas no supone riesgo si la fuente de calor es combustible limpio como el gas natural, o si no contacta directamente con el alimento pero sí cuando hay contacto entre ambos.

El transporte de materias primas no se debe hacer en camiones o cisternas que antes han llevado productos químicos. Es necesario tener cuidado con el almacenamiento si la nave ha contenido antes productos de riesgo.

El hombre es el último eslabón de la cadena y entre el 80 y el 95 % de las dioxinas que tiene provienen de los alimentos (un 10 % por inhalación y vía cutánea).

Los principales efectos de las dioxinas sobre los animales y el hombre son a nivel mo-

lecular sobre enzimas esenciales del metabolismo, como citocromo oxidasa y glutatión transferasa, produciendo fotosensibilidad, decoloración de piel, erupciones, cloracné, caída de pelo, trastornos hormonales y de reproducción, daños hepáticos y diabetes.

Como ejemplos de algunas contaminaciones relevantes producidas desde 1990 son las siguientes:

- Arcillas usadas como antiapelmazantes de la soja. Las dioxinas de la arcilla se formaron por contacto entre el cloro y el material del suelo. Ocurrió en Mississippi, Alemania, y en la costa este de Australia.
- Pulpa de cítricos, en Brasil por el uso de cal contaminada para contrarrestar la acidez.
- Grasas en Bélgica. Grasa con mezclas de PCB contaminados con dioxinas.
- Forrajes en Brandenburgo (Alemania). Harina de hierba secada artificialmente usando como combustible maderas con pinturas y protectores.
- Cloruro de colina en España, al usar como excipiente harina de zuro o mazorca de maíz con cáscara de arroz y serrín con herbicidas o algún protector de la madera.
- Recientemente se detectó otra contaminación procedente de la mezcla de agua con arcillas (kaolinita = silicato de hidróxido de aluminio) para clasificar patatas en Holanda. Las patatas no aptas para humana se usaron para alimentación del vacuno lechero. Unas 200 granjas estuvieron bloqueadas como medida preventiva en Países Bajos, Bélgica y Alemania.

Estas contaminaciones siguen preocupando a las autoridades sanitarias europeas y así en el diario oficial del 14 de febrero de 2006 se recomienda que los Estados miembros, en cooperación con los operadores, realicen controles aleatorios sobre piensos y productos alimenticios y, cuando se detecten niveles superiores a los ya marcados como "niveles de intervención", inicien investigaciones a fin de determinar la fuente de contaminación, reducirla o eliminarla de tal manera que en el 2008 se puedan fijar unos niveles ideales de contaminación o "niveles objetivo" que sirvan para reducir la exposición humana de la mayoría de la población comunitaria.

(Las citas bibliográficas aparecerán en la segunda parte del artículo.)



En Brasil se utilizó cal contaminada para contrarrestar la acidez de la pulpa de cítricos